

## Ein Meßgerät für die Temperaturmessung mit Thermoelementen auf sehr schnell umlaufenden Maschinen

Von Harald Weiß, Wien\*)

DK 621.398.083.7 : 536.532

### Grundsätzliches

In einer früheren Arbeit des Verfassers [1] wurden verschiedene Möglichkeiten der Meßwertübertragung, unter anderem auch ein magnetisches Kompensationsverfahren, diskutiert. Im folgenden wird ein auf diesem Kompensationsprinzip beruhendes Gerät beschrieben, mit dem es gelang, Temperaturmessungen mit Thermoelementen ohne Verwendung von Schleifkontakten bis zu hohen Maschinen-drehzahlen mit verhältnismäßig großer Genauigkeit und geringem Aufwand durchzuführen.

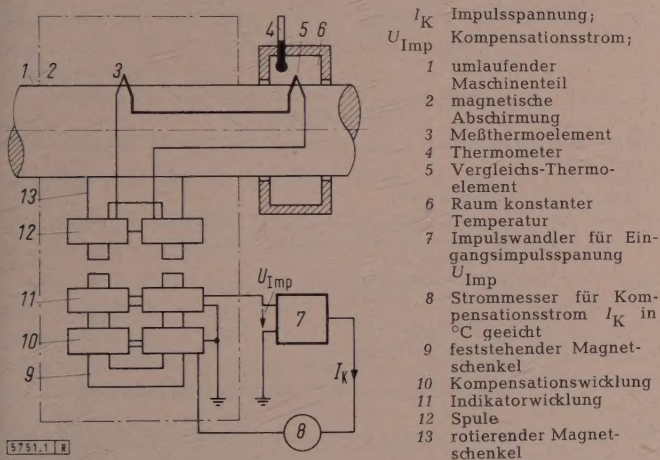


Bild 1. Schema der Temperatur-Meßanordnung.

Die kleinen von Meßthermoelementen auf schnell umlaufenden Maschinen gelieferten Spannungen sollen ohne Verwendung von Gleitkontakten auf ein ruhendes Anzeige-gerät übertragen werden. Dies wird dadurch erreicht, daß die Thermospannung oder der Thermostrom einer mit-rotierenden Spule zugeführt wird und in dieser ein dem Thermostrom proportionales Magnetfeld erregt. Ein ruhendes Magnetfeld kompensiert das umlaufende Feld und ermöglicht dadurch seine Messung [2].

Bild 1 zeigt die Grundschaltung des Meßverfahrens. Auf dem rotierenden Maschinenteil 1 befindet sich das Meßthermoelement 3 mit dem Bezugselement 5 in Reihe, wobei das Element 5 an einer Stelle möglichst konstanter und bekannter Temperatur umläuft. Zu diesem Zweck ist der wärmeisolierte Raum 6 vorgesehen. Der U-förmige Magnet-schenkel 13 hat quadratischen Querschnitt und trägt die Spule 12, an der die Thermoelemente angeschlossen sind. Wenn das Meßelement und das Bezugselement nicht die gleiche Temperatur haben, fließt in der Spule 12 ein

Strom, der ein Magnetfeld erregt, das proportional der Temperaturdifferenz ist. Gegenüber dem rotierenden Magnet-schenkel ist ein ruhender gleichartig aufgebauter Schenkel 9 angeordnet, der die Spulen 10 und 11 trägt. In der Wicklung 11 wird nun durch Vorbeibewegen des erregten Schenkels 13 ein Spannungsimpuls von der in Bild 2 a dargestellten Form induziert.

Fließt in der Spule 10 ein Gleichstrom  $I_K$  mit solchem Vorzeichen, daß sein Magnetfeld entgegengesetzte Richtung, aber gleiche Größe wie das Feld im Schenkel 13 hat, dann kompensieren sich die Magnetfelder, wenn sich die Magnet-schenkel gerade gegenüberstehen und der in der Spule 11 induzierte Spannungsimpuls verschwindet. Dies gilt eigentlich nur für den Fall, daß die Spule 11 in Luftspaltmitte zwischen den Magnetschenkeln angebracht ist. Wie die Erfahrung gezeigt hat [2], ist aber die Spule 11 unter bestimmten Bedingungen auch dann noch als „Nullindikator-Wicklung“ für das resultierende Magnetfeld zu gebrauchen, wenn sie sich nicht im Luftspalt, sondern auf dem ruhenden Schenkel befindet.

Wenn das Feld durch  $I_K$  größer als das auf dem rotierenden Schenkel wird, wechselt der Impuls in der Indikatorwicklung 11 sein Vorzeichen (in Bild 2 a gestrichelt gezeichnet). Man kann also den Kompensationsstrom  $I_K$  so einstellen, daß der Spannungsimpuls der Indikatorwicklung Null wird; dann ist  $I_K$  ein Maß für das Feld im umlaufenden Schenkel und damit für die Temperatur des Meßthermoelementes. Das Meßgerät, das  $I_K$  mißt, kann also direkt in Grad Celsius geeicht werden.

Der Kompensationsstrom wird durch ein elektronisches Gerät, das auf Bild 1 als Impuls-wandler 7 bezeichnet ist, automatisch auf seinen richtigen Wert eingeregelt. Der Impuls-wandler 7 nimmt den Impuls der Indikatorwicklung auf, bestimmt sein Vorzeichen und wandelt ihn in einen der Impulsamplitude proportionalen Gleichstrom um, der dann als Kompensationsstrom der Kompensationswicklung zugeführt wird. Man hat also einen geschlossenen, proportional wirkenden Folgeregelkreis mit der zu messenden Temperatur als Führungsgröße und dem Kompensationsstrom als Regelgröße, die der Führungsgröße laufend angepaßt wird.

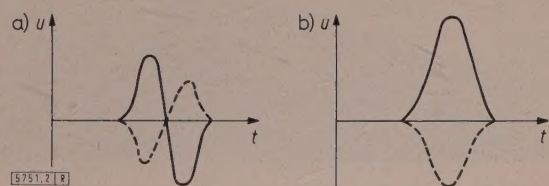


Bild 2. Spannungsimpuls der Indikatorwicklung und integrierter Spannungsimpuls.

a) Impuls der Wicklung 11, b) integrierter Impuls.  
— — — — Impulse mit umgekehrter Phasenlage

\*) Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Weiß ist Assistent am Atominstitut der österreichischen Hochschulen in Wien.



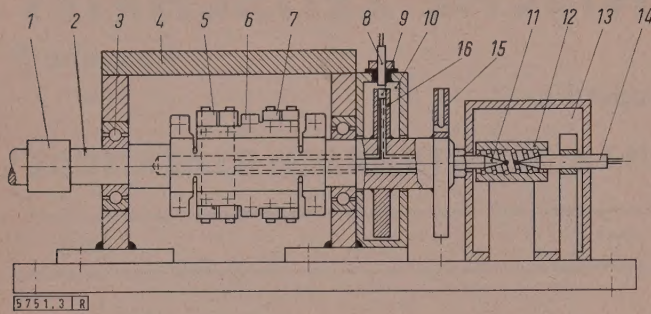


Bild 3. Schnitt durch die Versuchseinrichtung.

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1 Kupplung  | 9 Bezugsthermoelement              |
| 2 Welle   | 10, 13 wärmeisolierte Räume        |
| 3 Kugellager  | 11 Meßthermoelement                |
| 4 magnetische Abschirmung                                       | 12 Heizung                         |
| 5, 7 Magnetschenkel mit Spule                                   | 14 feststehendes Thermolement      |
| 6 Hülse   | 15 Kühleisbe                       |
| 8 Thermolement zum Messen der Temperatur des Bezugsthermometers | 16 Scheibe mit Bezugsthermoelement |

Die Amplitude des Spannungsimpulses in der Indikatorwicklung 11 ist nicht nur der Differenz der Erregungen des rotierenden und ruhenden Magnetschenkels, sondern auch (entsprechend dem Induktionsgesetz) der Drehzahl der Welle proportional, worauf später noch eingegangen wird. Daher kann das Meßverfahren grundsätzlich nur während des Laufs der Maschine verwendet werden, was aber kein besonderer Nachteil ist, da die Temperaturmessung meist im Betrieb von Interesse ist und im Stillstand oder bei sehr kleinen Drehzahlen mit üblichen Methoden gemessen werden kann.

Da sich die Felder in den Magnetschenkeln während der Messung kompensieren, d. h. das resultierende Magnetfeld Null ist, hat die Eisencharakteristik keinen störenden Einfluß. Aus demselben Grund spielen auch kleine Änderungen des Luftspaltes im Betrieb zwischen dem umlaufenden und ruhenden Schenkel keine Rolle<sup>1)</sup>.

### Versuchseinrichtung

Um das Meßverfahren experimentell zu überprüfen, wurde eine Versuchseinrichtung gebaut. Bild 3 stellt einen Schnitt durch die Einrichtung dar. Auf der Welle 2 sitzt eine Hülse 6 aus unmagnetischem Stahl, die einen aus 0,1 mm dicken Permalloyblechen geschichteten Magnetschenkel mit der Spule 5 trägt. Um die Fliehkraft auszugleichen, ist im Durchmesser gegenüber noch ein Schenkel angeordnet, dessen Spule mit der Spule 5 in Reihe geschaltet ist. Ein

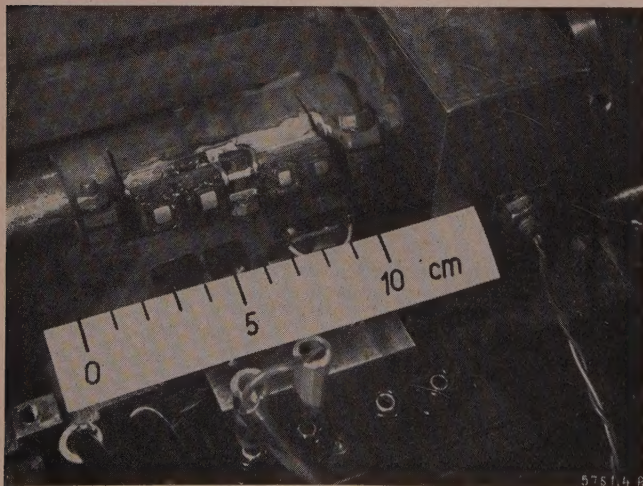


Bild 4. Versuchseinrichtung zur Temperaturmessung auf schnell umlaufenden Maschinen.

weiteres Spulensystem 7 ist für eine zweite Meßstelle oder als Reserve vorgesehen. Im Abstand von 0,2 mm stehen den umlaufenden Magnetschenkeln ruhende gleicher Form gegenüber, die in Bild 3 nicht eingezeichnet sind. Auf der Welle 2 ist die Scheibe 16 aufgeschweißt, die als Träger für das Bezugsthermoelement 9 dient und in einem wärmeisolierten Raum 10 umläuft.

Das eigentliche Meßthermoelement 11 ist am Wellenende angebracht und ragt in eine Heizwicklung 12, mit der es erwärmt werden kann. Zur Kontrolle des Meßverfahrens war es notwendig, die Temperatur dieses Thermoelements noch auf eine andere Art festzustellen. Hierfür wurde das ruhende Thermolement 14 eingebaut, das ebenfalls von der Heizwicklung 12 umgeben war, damit es möglichst die gleiche Temperatur wie Element 11 annimmt.

Obwohl sich die beiden Thermolemente 11 und 14 sehr nahe gegenüberstanden, die Wärmeableitverhältnisse möglichst gleich gehalten waren und die Heizung noch in einem wärmeisolierten Raum untergebracht war, hatten sie doch nicht ganz die gleiche Temperatur. Da der Unterschied von der Drehzahl abhing, wurde empirisch eine Eichkurve aufgenommen, die es dann ermöglichte, aus der Anzeige des ruhenden Elementes 14 auf die Temperatur des umlaufenden zu schließen. Zum Aufnehmen der Eichkurve wurde die

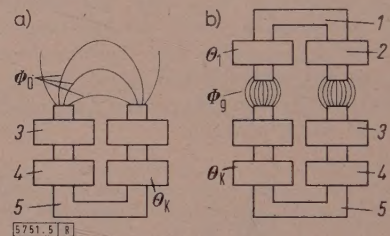


Bild 5. Magnetische Flüsse im feststehenden und umlaufenden Magnetschenkel.

- a) Feld des feststehenden Magnetschenkels (umlaufender Schenkel weit entfernt),  
b) Feld im Augenblick, in dem der umlaufende Schenkel dem feststehenden gerade gegenübersteht.

- |            |  |
|------------|--|
| 1          | umlaufender Magnetschenkel               |
| 2          | vom Thermolement gespeiste Spule         |
| 3          | Indikatorwicklung                        |
| 4          | Kompensationswicklung                    |
| 5          | feststehender Magnetschenkel             |
| $\Theta_1$ | Erregung der Spule 2                     |
| $\Theta_K$ | Kompensationserregung                    |
| $\Phi_0$   | Fluß im offenen magnetischen Kreis       |
| $\Phi_g$   | Fluß im geschlossenen magnetischen Kreis |

Welle 2 jeweils bei einer bestimmten Drehzahl plötzlich abgebremst, dann das Thermolement 14 schnell axial so verschoben, daß es das Element 11 berührte. Gleichzeitig wurde seine Temperatur, die dann die gleiche wie die von 11 war, festgestellt. Aus dieser Messung ließ sich dann die Temperatur von Element 11 vor der Berührung berechnen. Auf gleiche Art wurde die Anzeige des ruhenden Thermolementes 8 auf die Temperatur des Vergleichsthermolementes 9 geeicht. Die Scheibe 15 sollte durch ihre Kühlwirkung während des Laufes den Wärme fluß vom Thermolement 11 zur Welle 2 und damit über Scheibe 16 zum Bezugsthermoelement 9 verhindern.

Der magnetisch aktive Teil der Meßeinrichtung war durch eine Eisenabschirmung 4 gegen äußere Störfelder geschützt. Die Welle wurde von einem frequenzgeregelten Asynchronmotor über die Kupplung 1 angetrieben, wobei die Drehzahl bis etwa 18 000 U/min gesteuert werden konnte<sup>2)</sup>.

In Bild 4 sind die Einrichtungen mit den rotierenden und zugehörigen ruhenden Magnetschenkeln, der isolierte Raum für das Bezugselement und die Kühleisbe zu erkennen. Der besseren Übersichtlichkeit halber ist die ma-

1) Da das Feld aus später angeführten Gründen nicht ganz Null wird, stimmt dies nur näherungsweise.

2) Die Versuchseinrichtung war noch für wesentlich höhere Drehzahlen ausgelegt, die jedoch in Ermangelung einer geeigneten Antriebsmaschine nicht erreicht werden konnten.



gnetische Abschirmung entfernt. Aus Bild 4 ist auch noch ersichtlich, daß der Platzbedarf für eine Meßstelle in axialer Richtung nur etwa 4 cm. beträgt.

Der Verlauf des magnetischen Flusses in den Schenkeln läßt sich am besten durch Betrachtung zweier extremer Schenkelstellungen darstellen. Bild 5 zeigt diese beiden extremen Stellungen. Wenn nun angenommen wird, daß die Einrichtung im stationären Betrieb arbeitet, d. h. ein konstanter Kompensationsstrom fließt, dann ergibt dieser in der Spule 4 eine Kompensationserregung  $\Theta_K$ , die im Falle a) (auf Bild 5) einen Fluß  $\Phi_0$  ergibt. Wenn der gesamte magnetische Eisen- und Luftwiderstand  $R_{m0}$  ist, wird der Fluß  $\Phi_0$ :

$$\Phi_0 = \frac{\Theta_K}{R_{m0}} \quad (1)$$

Im Fall b) wirkt in dem nun geschlossenen magnetischen Kreis nicht nur die Kompensationserregung  $\Theta_K$ , sondern auch noch die entgegengerichtete Erregung  $\Theta_1$  durch das Thermolement auf dem umlaufenden Schenkel. Der gesamte magnetische Widerstand sei jetzt  $R_{mg}$ , und somit wird der Fluß

$$\Phi_g = \frac{\Theta_K - \Theta_1}{R_{mg}} \quad (2)$$

Die Flüsse  $\Phi_0$  und  $\Phi_g$  treten durch die Indikatorspule 3 (Bild 5), die ja, wie schon beschrieben, keinen Spannungsimpuls geben soll. In der Indikatorspule entsteht aber dann kein Impuls, wenn die zeitliche Flußänderung durch die Null ist, d. h. wenn bei der Vorbeibewegung des umlaufenden Schenkels der Fluß konstant  $\Phi_0$  bleibt. Es muß also  $\Phi_g = \Phi_0$  sein<sup>3)</sup>. Mit Gl. (1) und (2) ergibt sich dann die Kompensationserregung  $\Phi_K$  zu

$$\Theta_K = \Theta_1 \frac{1}{1 - \frac{R_{mg}}{R_{m0}}} \quad (3)$$

Aus dieser Beziehung ersieht man, daß  $\Theta_K$  nicht gleich  $\Theta_1$  ist, sondern tatsächlich etwas größer, da  $R_{mg}/R_{m0} < 1$  ist.

Auf die Funktion des Kompensationsprinzips hat dies keinen Einfluß, da der Faktor  $1/(1 - R_{mg}/R_{m0})$  konstant ist. Es gilt allerdings nicht mehr, wie früher erwähnt, daß sich Luftspaltänderungen nicht auswirken. Durch eine Änderung des Luftspaltes ändert sich nämlich auch  $R_{mg}$ , und damit ist  $1/(1 - R_{mg}/R_{m0})$  nicht mehr konstant. Bei der beschriebenen Versuchseinrichtung betrug das Verhältnis  $R_{mg}/R_{m0} \approx 0,09$ , und eine Luftspaltänderung um 10 % führte daher zu einem Fehler der Anzeige von weniger als 1 %.

Obwohl der Fluß im Magnetschenkel-Eisen nicht ganz Null wird, gibt es doch keine Sättigungserscheinungen, da die Kraftflußdichte unter etwa  $3 \cdot 10^{-3}$  Vs/m<sup>2</sup> bleibt und die relative Permeabilität  $\mu_r > 10\,000$  ist. Die Eisenerrregung kann also gegenüber der Luftspalterregung vernachlässigt werden.

### Regelkreis und Impulswandler

Der Spannungsimpuls aus der Indikatorwicklung wird im Impulswandler in den Kompensationsstrom umgewandelt. Damit ist ein proportional wirkender Regelkreis gebildet, der eine bleibende Regelabweichung hat, die von der Verstärkung im Kreis abhängt. Mit steigender Verstärkung nimmt dabei die Regelabweichung ab [3].

Für den vorliegenden Fall bedeutet dies, daß ein kleiner Spannungsimpuls in der Indikatorwicklung vorhanden bleibt, d. h.  $\Phi_0$  ist nicht ganz gleich  $\Phi_g$ . Mit steigender Drehzahl steigt nun auch der Spannungsimpuls, was einer

Vergrößerung der Verstärkung im Kreis gleichkommt. Hierdurch wird die Regelabweichung, d. h. die Differenz zwischen  $\Phi_0$  und  $\Phi_g$  kleiner, womit sich auch der Kompensationsstrom ändert. Man könnte nun den dadurch entstehenden Fehler klein halten, wenn man die Verstärkung im Regelkreis von vornherein so groß wählen würde, daß eine Änderung keine Rolle spielt. Ist z. B. für die in Betracht kommende untere Drehzahlgrenze die Verstärkung größer als 100, so bleibt der Fehler unter 1 %; bei einem Verstärkungsfaktor von 1000 liegt er schon unter 1 %.

Aus Stabilitätsgründen kann aber die Verstärkung nicht beliebig groß gemacht werden [3], so daß es notwendig ist, die Drehzahlabhängigkeit des Spannungsimpulses auszuschalten. Dies gelingt sehr einfach, wenn man sich vergegenwärtigt, wie der Impuls entsteht. In der Indikatorwicklung wird der magnetische Fluß durch Vorbeibewegen des umlaufenden Magnetschenkels verändert. Die Größe dieser Änderung hängt nur von den Erregungen des feststehenden und rotierenden Schenkels, nicht aber von der Drehzahl ab. Nach dem Induktionsgesetz ist die in der Spule entstehende Spannung proportional der zeitlichen Ableitung des Flusses und daher von der Drehzahl abhängig. Integriert man diese Spannung, so ergibt sich ein Impuls, der wieder dem magnetischen Fluß entspricht und wie dieser von der Drehzahl unabhängig ist. In Bild 2 b ist der integrierte Impuls dargestellt.

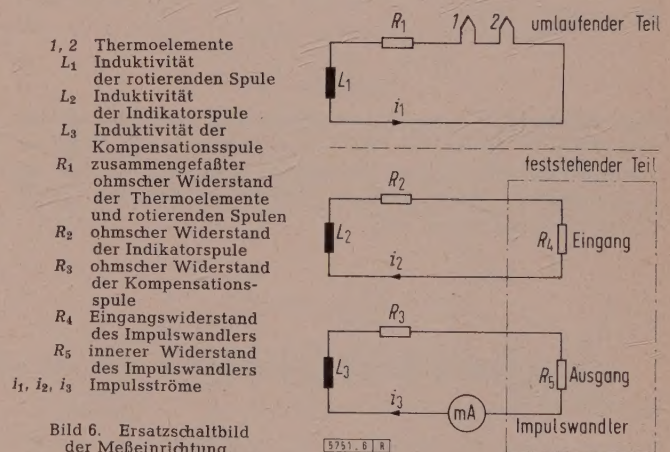


Bild 6. Ersatzschaltbild der Meßeinrichtung.

Die Integration bietet noch einen weiteren Vorteil. Aus Bild 2 b erkennt man, daß der integrierte Impuls sein Vorzeichen wechselt, wenn der Indikator-Impuls seine Phasenlage umkehrt (gestrichelt gezeichnet). Dies tritt ein, sobald die Kompensations-Erregung größer als ihr Sollwert wird, d. h. die Erregung des umlaufenden Schenkels überkompensiert wird. Es besteht also eine eindeutige Zuordnung des Vorzeichens des integrierten Impulses zum Kompensationszustand. Mit diesem Impuls ist es nun möglich, ein Elektronenrohr so zu steuern, daß positives Impulsvorzeichen einen Anodenstrom ergibt, negatives dagegen nicht. Grundsätzlich wird davon im Impulswandler Gebrauch gemacht.

Es sei darauf hingewiesen, daß eine einwandfreie Kompensation nur dann möglich ist, wenn die Impedanzen im Thermolementkreis und im Kompensationsspulenkreis bestimmte Bedingungen erfüllen. Der Grund dafür ist folgender: Die Differenzerrregung zwischen der rotierenden Spule und der Kompensationsspule induziert bei Bewegung der Magnetschenkel nicht nur in der Indikatorwicklung Impulse, sondern auch noch in der Kompensationswicklung und in der umlaufenden Wicklung. Diese Impulse haben gleiche zeitliche Form wie die in der Indikatorwicklung (Bild 2) und bewirken, entsprechend den Impedanzen, im Thermolement- und Kompensationskreis Stromimpulse. Diese ergeben impulsförmige Felderregungen, die sich mit der ursprünglichen Erregung überlagern. Die entstehende resul-

<sup>3)</sup> Für genauere Betrachtungen, die auch Zwischenstellungen der Magnetschenkel berücksichtigen, siehe [2].



tierende Erregung, die jetzt einen veränderten Indikatorimpuls hervorruft, wäre damit von den Impedanzen im Thermoelement- und Kompensationskreis abhängig, was, wie gleich gezeigt wird, zu einer Drehzahlabhängigkeit der Anzeige führen würde.

Bild 6 zeigt ein Ersatzschaltbild des Thermoelement-, des Kompensations- und Indikatorcircuits. Die Impedanz im Thermoelementkreis besteht aus dem ohmschen Widerstand  $R_1$ , der sich aus den Spulen-, Thermoelement- und Zuleitungswiderständen zusammensetzt, sowie aus dem induktiven Widerstand  $\omega L_1$  der umlaufenden Spule<sup>4)</sup>. Um eine möglichst große Felderregung mit gegebenen Thermoelementen zu erreichen, soll der ohmsche Widerstand niedrig gehalten werden. Dann ergibt sich aber erstens, daß die entstehenden Stromimpulse  $i_1$  verhältnismäßig groß werden, da auch die Induktivität klein ist, und zweitens, daß sie von der Drehzahl abhängig sind, da  $\omega L_1$  von dieser abhängt. Das heißt, die Rückwirkung auf den Indikatorimpuls ist ebenfalls drehzahlabhängig, und damit wäre es auch die Anzeige der Meßeinrichtung.

Es läßt sich nun zeigen [2], daß die Drehzahlabhängigkeit verhindert werden kann, wenn die Impedanzen im Thermoelement- und Kompensationskreis<sup>6)</sup> folgende Bedingungen erfüllen. Es muß

$$R_3 + R_5 = \frac{\ddot{u}^2}{K} \cdot R_1 \quad (4)$$

und

$$L_3 = L_1 \cdot \ddot{u}^2 \left( 1 + \frac{R_{mg}}{R_{m0} \cdot K} \right) \quad (5)$$

sein. Dabei ist  $\ddot{u} = w_3/w_1$ , wobei  $w_1$  die Windungszahl der umlaufenden Spule,  $w_3$  die Windungszahl der Kompensationsspule und  $K$  eine Konstante bedeuten, in der die magnetischen Widerstände  $R_{m0}$  und  $R_{mg}$  und die Regelabweichung enthalten sind.

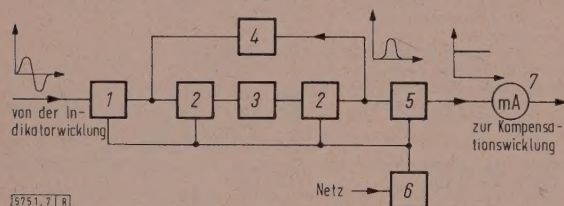


Bild 7. Blockschaltbild des Impulswandlers.

- 1 Eingangsstufe
- 2 Verstärkerstufen
- 3 Integrierglied
- 4 Differenzierglied
- 5 Ausgangsstufe
- 6 Netzgerät
- 7 Anzeigeorgan für den Kompensationsstrom

Der grundsätzliche Aufbau des Impulswandlers ist aus der Blockschaltung auf Bild 7 ersichtlich. Der Spannungsimpuls aus der Indikatorwicklung wird einer Eingangsstufe 1, die als Impedanzwandler arbeitet, zugeführt. Hierauf gelangt der Impuls in einen mehrstufigen Verstärker 2 und wird anschließend integriert (3). Eine nochmalige Verstärkung ist erforderlich, um die Ausgangsstufe 5 aussteuern zu können. Vor der Ausgangsstufe wird der Impuls abgezweigt und über ein Differenzierglied an den Verstärker gelegt. Diese Gegenkopplung bewirkt eine gute Linearisierung der Verstärkerstufen und dadurch, daß auch das

4) Die Induktivität der Magnetschenkelwicklungen ist während einer Umdrehung der Welle nicht konstant. Sie hat den größten Wert, wenn sich der umlaufende und feststehende Schenkel gerade gegenüberstehen, d. h. der magnetische Kreis geschlossen ist. Die folgenden Induktivitätsangaben beziehen sich immer nur auf diesen Zustand.

5) Der Einfachheit halber wird die in Serie liegende zweite umlaufende Spule nicht betrachtet.

6) Der Indikatorkreis braucht nicht betrachtet zu werden, da der Eingangswiderstand des Impulswandlers sehr groß ist und somit in diesem Kreis fast kein Strom fließt.

Integrierglied mit einbezogen ist, eine einwandfreie Integration. Weil im vorliegenden Fall nur verhältnismäßig langsame Meßwertänderungen (große thermische Zeitkonstante der Einrichtung) zu erwarten waren, konnte die Zeitkonstante im Ausgangskreis so groß gewählt werden, daß die Umwandlung der Impulse in den Kompensationsgleichstrom einfach durch entsprechende „Glättung“ der Impulsfolge an geeigneten Siebgliedern möglich war.

### Fehler der Meßeinrichtung

Es zeigte sich, daß auch bei vollständiger Kompensation der Magnetfelder noch ein kleiner Spannungsimpuls in der Indikatorwicklung übrig blieb, dessen Ursache hauptsächlich darin lag, daß die Spule nicht in der Luftspaltmitte zwischen umlaufendem und ruhendem Magnetschenkel angebracht werden konnte. Um diesen Restimpuls unwirksam zu machen, wurde der Impulswandler mit einer Ansprechschwelle ausgelegt, welche die unter dieser Schwelle liegenden Impulse unterdrückte.

Ein kleiner Nachteil dieser Unterdrückung ist, daß die Temperaturmessung nach unten hin nicht bis zur Temperatur des Vergleichselementes möglich ist, da bei Annäherung der Meßtemperatur an die Vergleichstemperatur die Spannungsimpulse der Indikatorwicklung immer kleiner werden und schließlich unter die Ansprechschwelle des Impulswandlers sinken. Bei der beschriebenen Einrichtung war dies bei etwa 3 grd über der Vergleichstemperatur von 20 °C der Fall.

Ein weiterer Fehler entsteht durch den Frequenzgang des Impulswandlers. Bei sehr niedrigen und sehr hohen Impulsfrequenzen (oder Drehzahlen der Welle) nimmt die Verstärkung des Impulswandlers ab, wodurch die Regelabweichung ansteigt. Im Ausgangskreis des Impulswandlers tritt infolge der endlich großen Zeitkonstanten noch ein Fehler auf, der von der Größe des Kompensationsstromes abhängt. Aus Platzgründen kann hierauf nicht näher eingegangen werden.

In Bild 8 sind die eben genannten Fehler zusammengefaßt und als Funktion der Drehzahl der Welle und der Meßgröße dargestellt. Ein Blick auf das Bild zeigt, daß der Meßbereich so gewählt werden soll, daß die Anzeige möglichst über etwa 7 % des Meßbereiches liegt, da unter diesem Wert der Fehler stark ansteigt. Dadurch, daß die einzelnen Fehler verschiedene Vorzeichen haben und auch vom Meßwert verschieden abhängen, ergeben sich bei 10 % und etwa 0,65 % des Meßbereiches Nullstellen für den Gesamtfehler; bei rund 0,6 % des Meßbereiches gibt es wegen der oben beschriebenen Ansprechschwelle des Impulswandlers keine Anzeige mehr. Weiter ist ersichtlich, daß sich der Frequenzgang des Impulswandlers nicht sehr stark auswirkt. Nur unter etwa 40 U/min nimmt der Fehler gegen Ende des Meßbereiches geringfügig zu.

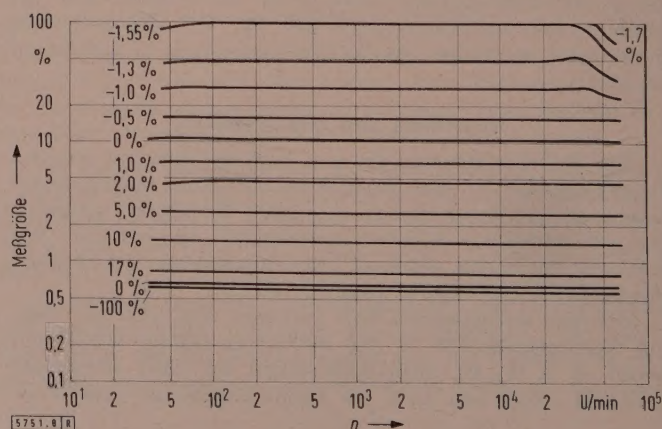


Bild 8. Meßgröße in Prozent des Meßbereiches in Abhängigkeit von der Drehzahl mit dem Fehler in Prozent vom Sollwert als Parameter.



Wird eine niedrigere untere Drehzahlgrenze als etwa 40 U/min gewünscht, so ist dies leicht zu erreichen, indem statt der zwei umlaufenden Magnetschenkel entsprechend mehr vorgesehen werden, wodurch die Impulsfolgefrequenz ansteigt.

Das Fehlerdiagramm Bild 8 wurde in einem Temperaturmeßbereich von 20 bis 450 °C und bei Drehzahlen von 190 bis 18 000 U/min mit der beschriebenen Versuchseinrichtung experimentell überprüft. Dabei wurden keine nennenswerten Abweichungen gegenüber den berechneten Fehlern beobachtet.

Neben den besprochenen grundsätzlichen Fehlern können noch Abweichungen der Anzeige durch äußere Störeinflüsse, wie z. B. Magnetfelder, auftreten. Magnetische Stör-Wechselfelder haben wegen der großen Zeitkonstanten im Impulswandler-Ausgangskreis keinen Einfluß, solange ihre Frequenz nicht kleiner als etwa 3 Hz ist, was für die technischen Störfelder meist zutrifft. Um die Auswirkungen von Stör-Gleichfeldern zu untersuchen, wurde ein Versuch gemacht, bei dem eine Luftspule im Bereich der Magnetschenkel ein Feld von  $1,7 \cdot 10^{-4}$  Vs/m<sup>2</sup> erregte. Es ergab sich eine Abweichung gegenüber der normalen Anzeige von 0,3 % des Meßbereichswertes.

### Eichung der Meßeinrichtung

An der Versuchseinrichtung konnte die Eichung mit Hilfe der ruhenden Thermoelemente und den beschriebenen Eichkurven durchgeführt werden. Im allgemeinen stehen aber die ruhenden Thermoelemente nicht zur Verfügung. Man geht dann so vor, daß man zunächst den Zusammenhang zwischen der Temperatur des Meßthermoelementes und den Strom im Thermoelementkreis feststellt. Dies geht dann am besten vor Einbau der Thermoelemente in die Maschine, indem das Meßthermoelement mit den späteren Zuleitungen angeschlossen und zusammen mit einem Thermometer oder Thermoelement erwärmt wird. Dann werden der

Strom im Meßthermoelementkreis und die zugehörige Temperatur gemessen.

Als nächsten Schritt muß man die Einrichtung mit einem bekannten Strom im Thermoelementkreis umlaufen lassen und den Kompensationsstrom ablesen. Zu diesem Zweck werden die Thermoelemente abgeschaltet, und an deren Stelle wird am besten eine kleine Monozelle mit einem stellbaren Vorwiderstand provisorisch in den Magnetschenkelkreis eingebaut. Bei Stillstand der Welle wird dann der Strom auf einen bestimmten Wert eingestellt und hierauf die Welle auf Drehzahl gebracht. Dabei ist es notwendig, auf eine so hohe Drehzahl zu gehen, von der an sicher keine Drehzahlabhängigkeit der Anzeige mehr auftritt (etwa 100 U/min). Damit ist dann der Zusammenhang zwischen der Meßtemperatur und der Größe des Kompensationsstromes hergestellt.

### Zusammenfassung

Mit Hilfe eines magnetischen Kompensationsverfahrens wurden Temperaturen mit Thermoelementen auf schnell rotierenden Maschinen gemessen. Die geeignete Auslegung des elektronischen Teiles der Meßeinrichtung ermöglichte, die Fehler in einem weiten Drehzahlbereich niedrig zu halten. So konnten Temperaturen zwischen 40 °C und 450 °C im Drehzahlbereich von 190 bis etwa 18 000 U/min mit einem Fehler von 2 % gemessen werden. Bis zu Drehzahlen von etwa 60 000 U/min sind keine größeren Fehler zu erwarten. Die Messungen konnten jedoch aus Antriebsgründen nicht bis zu so hohen Drehzahlen durchgeführt werden.

### Schrifttum

- [1] Weiß, H.: Das Übertragen kleiner elektrischer Meßwerte von schnell rotierenden Maschinen auf ruhende Anzeigegeräte. ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 2, S. 29–34.
- [2] Weiß, H.: Meßwertübertragung von schnell rotierenden Maschinen teilen auf ruhende Anzeigegeräte. Diss. TH Graz, 1959.
- [3] Oppelt, W.: Kleines Handbuch technischer Regelvorgänge. Verlag Chemie, Weinheim.

## Die Internationale Zusammenarbeit in der friedlichen Nutzung der Atomenergie

DK 621.039(100)

Im Rahmen einer in Bonn veranstalteten Vortragsreihe „Atomenergiericht“<sup>1)</sup> sprach Prof. Dr. G. Erler (Göttingen) über das obengenannte Thema.

Der Referent unterschied drei Phasen der internationalen Zusammenarbeit:

Zunächst — etwa 1945 bis 1955 — erwies sich die Kenntnis nuklearer Zusammenhänge als gemeinschaftsfeindliches Element. Tiefste Schädlichkeit und höchste Nützlichkeit der Kernenergie — ironisch doppeldeutig kombiniert in ihrer militärischen Verwendungsfähigkeit — veranlaßte die Amerikaner, diese Kenntnis zu einem Monopol auszugestalten. Durch den Atomic-Energy-Act von 1946 versuchten sie, durch ein gesetzlich sanktioniertes Geheimhaltungssystem ihre bisher alleinige Kenntnis als einen „geistigen Besitzstand“ zu monopolisieren.

Diese gemeinschaftsfeindliche Phase endete, als die UdSSR ihre ersten Kernwaffenversuche durchführte und damit feststand, daß nunmehr neben den USA auch die UdSSR nukleare Kenntnisse hatte. Es begann, wie der Referent sich ausdrückte, die „bündnisbildende Phase“. Die Monopolkenntnis wurde zwischen den beiden Großmächten zu einem Ringen um die Vorsprungkenntnis, an der auch die verbündeten Staaten mitarbeiten sollten. So kamen zahlreiche, meist völkerrechtliche Bilateralverträge zustande. Ihre Führungsposition versuchten die beiden großen Atommächte dadurch zu wahren, daß sie ihren Verbündeten Atomgeheimnisse nur preisgaben, wenn die nehmenden Staaten sich

sehr weitgehenden und völkerrechtlich neuartigen Kontrollbefugnissen unterwarfen.

Gerade diese Kontrollbefugnisse leiteten nach Meinung des Referenten die dritte Phase ein, in der wir uns gegenwärtig befinden. Sie ist gekennzeichnet durch eine politische Abkühlung zwischen nehmenden und gebenden Staaten. Durch internationale Zusammenarbeit und Arbeitsteilung versuchen vor allem die westeuropäischen Staaten ihre Kenntnisse nuklearer Zusammenhänge zu vergrößern und dadurch das Übergewicht und den Vorsprung der beiden großen Atomstaaten zu verringern. Euratom und OEEC sind bestrebt, die westeuropäischen Kenntnisse und Kräfte zu integrieren. Der Referent deutete diese Entwicklung als einen „Prozeß der Neutralisierung des hegemonalen Übergewichts der USA und UdSSR“.

Vor allem betonte er die vertiefte internationale Zusammenarbeit, die bisher einzigartig sei und das Ziel verfolge, staatliche Rechtsvorschriften international zu vereinheitlichen und zu harmonisieren. Die Notwendigkeit hierzu ergab sich aus dem Ausmaß der freigelegten Atomkräfte, die weder bei nutzbringender Anwendung noch bei Schadensfällen an den staatlichen Grenzen haltmachen. Der Harmonisierungsprozeß erfaßt ungefähr das gesamte Rechtsgebiet: Haftungs- und Versicherungsrecht, Gesundheits- und Sozialrecht, Arbeits- und Patentrecht, Verkehrs- und Transportrecht.

Aus einem gemeinschaftsfeindlichen Element ist somit die Kenntnis um die Atomkraft zu einem gemeinschaftsbildenden geworden, eine Triebkraft ungewöhnlich intensiver internationaler Zusammenarbeit.

Bgr

<sup>1)</sup> Siehe auch ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 4, S. 90; H. 5, S. 114; H. 10, S. 279.



# Ingenieurausbildung in der Sowjetunion

Von Walter Niens, Berlin/Frankfurt M.\*)

DK 378.962+373.63(47)

## Die Entwicklung des sowjetischen Bildungswesens

Zum Ende des Jahres 1960 wurden die Ergebnisse der Volkszählung bekannt, welche die Statistische Zentralverwaltung beim Ministerrat der Sowjetunion am 15. Januar 1959 durchgeführt hat [1]. Von diesen überaus interessanten Daten sind in der Tafel 1 die wichtigsten Zahlen der Zusammensetzung der Bevölkerung und ihrer Beschäftigung zusammengestellt. Aus dem Bericht ergibt sich ferner, daß die Bevölkerung von 1926 bis 1959 um 42 % gewachsen ist, und wie sich aus den Zahlen der Tafel 2 ergibt, ist im gleichen Zeitraum die Anzahl der Studenten an Hochschulen um das Dreizehnfache, die Zahl der Studierenden der Technika um das Zehnfache und die Zahl der geistig Arbeitenden um das Achtfache angestiegen.

Von besonderem Interesse ist die Zahl der Studenten an Hochschulen, diese sind in Tafel 3 nach den verschiedenen Studienrichtungen aufgliedert worden [2]. Während die Gesamtzahl der Studierenden von 1954 bis 1959 um ungefähr 40 % stieg, betrug die Erhöhung im gleichen Zeitraum bei den Studiengängen „Industrie und Bauwesen“ 68 % und beim „Verkehrs- und Fernmeldewesen“ sogar 100 %. In der gleichen Zeit nahmen auch die erteilten Diplome von insgesamt 234 800 im Jahre 1954 auf 290 700 im Jahre 1958 zu. Die Entwicklung dieser Zahlen für die Fachgebiete „Elektrotechnik“ und „Funk- und Fernmeldewesen“ von 1954 bis 1958 zeigt die Tafel 4: Die Zahl der Absolventen auf dem Gesamtgebiet der Elektrotechnik stieg von 4600 (1954) auf 10 200 (1958).

## Das technische Hochschulstudium

Das sowjetische System von Bildungswesen und Forschung ist so eigenartig, daß ein Vergleich einzelner Teile dieses Systems mit Einrichtungen gleicher Bezeichnung oder Benennung des Westens so gut wie unmöglich ist. So hat eine Hochschule in der Sowjetunion andere Aufgaben als beispielsweise in Deutschland oder in den USA, sie hat andersartige Vorstufen und übt auch andere Funktionen aus, sowohl in der Forschung als auch in der Lehre [3]. Die wesentlichsten Merkmale sollen im folgenden dargestellt werden.

Bis zum Schuljahr 1. September 1959<sup>1)</sup> galt als notwendige Vorbildung für den Besuch einer Universität oder Hochschule der Besuch einer sogenannten „vollständigen zehnklassigen Mittelschule“. Da in der Sowjetunion die Schulpflicht mit dem 7. Lebensjahr beginnt, betrug also das Mindest-Lebensalter bei Beginn des Studiums 17 Jahre, das Höchstalter ist 35 Jahre (Aufteilung der Unterrichtsfächer und weitere Einzelheiten, auch der Neuordnung, sind im Schrifttum unter [3] angegeben). Der Eintritt in eine Hochschule technischer Fachrichtung ist von der Ablegung einer Aufnahmeprüfung abhängig, in dieser wird verlangt: Ein russischer Aufsatz, eine schriftliche und mündliche Prüfung in Mathematik, eine mündliche Prüfung in Physik und in einer Fremdsprache. Die Quoten für die Neuzulassungen in

\*) Prof. Dr. rer. techn. W. Niens ist Abteilungsdirektor der AEG, Honorar-Professor an der Technischen Universität Berlin und stellvertretender Vorsitzender des VDE-Ingenieurschul-Ausschusses.

Der Verfasser hatte Gelegenheit, anlässlich einer Studienreise in die Sowjetunion die technische Ausbildung kennenzulernen. Er hat dem Wünsche der ETZ-Schriftleitung entsprochen, hierüber zu berichten.

1) Die Neuordnung durch die „Thesen des Zentralkomitees der KPdSU und des Ministerrates der UdSSR“, die vom 1. September 1959 ab eingeführt wurde, sieht eine Verkürzung der Dauer der „allgemeinbildenden polytechnischen Schule“ auf acht Jahre vor. Anschließend „müssen alle Jugendlichen in gesellschaftlich nützlicher Arbeit in Betrieben und Kolchos und dergleichen eingereiht werden. Nach einer sehr kurzen beruflichen Grundausbildung arbeiten sie in der Produktion. Gleichzeitig können sie eine Schule der Arbeiter- oder Dorfjugend besuchen, um in Schicht-, Abend-, Saison- oder Fernkursen ihre Mittelschulbildung abzuschließen.“ Der Artikel 18 der Verordnung sieht für den dann in der Regel 18 Jahre alten jungen Menschen, der Ingenieur werden möchte, vor, daß er „Studium und Produktionsarbeit in den ersten beiden Studienjahren im Rahmen des Abend- und Fernstudiums vereinigt“.

Tafel 1. Statistische Zahlen der Bevölkerungsgliederung der Sowjetunion nach der Zählung vom 15. Januar 1959.

Gesamt-Bevölkerung 208,8 Mio.	davon Mio.	in Prozent	
		männl.	weibl.
Beschäftigte der materiellen Produktion	80,862	53 %	47 %
davon			
Industrie, Bauwesen, Nachrichtenwesen	36,575	61 %	39 %
Landwirtschaft	38,426	46 %	54 %
Handel, Gemeinschaftsspeisung, Lebensmittelsektor, materiell-technische Versorgung	5,171	39 %	61 %
Beschäftigte nichtproduktiver Bereiche			
Unterricht, Forschung, Gesundheitswesen, Wohnungswesen, Kommunalwesen, Verwaltung, Finanz- und Kreditwesen	14,453	36 %	64 %
Wehrmacht	3,623	100 %	—

Tafel 2. Bildungsniveau in der Sowjetunion.

	1926	1959
Studenten an Hochschulen	168 000	2 200 000
Studierende der Technika	181 000	1 868 000
Anzahl der geistig Arbeitenden	2 500 000	20 000 000

Tafel 3. Zahl der Studenten an Hochschul-Institutionen der Sowjetunion in Tausenden (einschließlich Fernstudium)\*).

Studiengänge	1954	1955	1956	1957	1958	1959
Industrie und Bauwesen	417,7	489,2	550,6	603,6	654,8	701,9
Verkehrs- und Fernmeldewesen	68,4	83,4	99,0	115,6	127,6	135,7
Agrar- und Forstwesen	149,3	173,3	185,9	209,3	229,1	247,0
Volkswirtschaft und Recht	103,6	105,8	106,7	139,4	147,4	152,6
Erziehungswesen einschließlich Universitäten und Büchereien	672,9	719,7	741,6	749,0	748,7	743,1
Öffentliches Gesundheitswesen und Sport	132,6	144,9	158,8	168,4	175,5	181,7
Schöne Künste	14,5	14,2	14,4	15,7	16,0	16,9
insgesamt	1562,0	1730,5	1867,0	2001,0	2099,1	2178,9

\*) Quelle: Unveröffentlichte Zahlen der UNESCO.

Tafel 4. Anzahl der erteilten Hochschuldiplome (einschließlich Fernstudiendiplome) in Tausenden für die Fachgebiete „Elektrotechnik“ sowie „Funk- und Fernmeldewesen“.

Fachgebiet	1954	1955	1956	1957	1958
Starkstrom-Elektrotechnik	2,4	3,0	3,6	4,1	4,9
Funk- und Fernmeldewesen	2,2	3,0	2,9	4,8	5,3
insgesamt Elektrotechnik	4,6	6,0	6,5	8,9	10,2



jedem Fachgebiet werden alljährlich vom UdSSR-Hochschulministerium mit den obersten Planbehörden festgelegt. Das Studium dauert für die Elektrotechnik 5½ Jahre. Der Andrang zu den Hochschulen ist sehr groß. Um einen Studienplatz in den technischen Disziplinen bewerben sich zwischen drei und acht Bewerber, die in den letzten Jahren bereits eine mindestens zweijährige produktive Tätigkeit nachweisen mußten (Einzelheiten über die Zulassung unter [4]).

Rund 80 % aller Studierenden sollen Stipendien zwischen 240 und 800 Rubeln beziehen, wobei neben sozialer Bedürftigkeit die Leistung berücksichtigt wird. Bei ausgezeichneten Leistungen wird das Stipendium um 25 % erhöht [5]. Bei besonders guten wissenschaftlichen Leistungen erhalten die Studierenden noch besondere Auszeichnungen erhalten, die mit größeren Geldzahlungen verknüpft sind.

Für die Unterbringung in Studentenwohnheimen wird durchweg ein Betrag von 15 Rubel/Monat (Mehrbettzimmer) gezahlt.

### Das Studium der Elektrotechnik

Ein Studium auf den Fachgebieten der Elektrotechnik kann an einem Teil der 29 Polytechnischen- und Industrie-Hochschulen sowie an acht Fach-Hochschulen durchgeführt werden. Ein Wechsel der Hochschule während des Studiums ist in der Regel nicht möglich. Das akademische Jahr beginnt einheitlich am 1. September. Es umfaßt jeweils einen Jahreskurs und gliedert sich in Semester: 1. 9. bis 23. 1. und 2. 2. bis 30. 6.

Das Studium vollzieht sich nach den verbindlichen Lehrplänen, die genau den Studiengang (Vorlesungen, Übungen, Praktika, Prüfungen) vorschreiben. Der Student muß sich schon zu Beginn seines Studiums für eine Fachrichtung entscheiden und ist verpflichtet, allen Veranstaltungen, die im Lehrplan vorgeschrieben sind, nachzukommen. Jeder Student muß in den ersten Jahreskursen an Pflichtvorlesungen und -übungen in den gesellschaftswissenschaftlichen Grundfächern (Marxismus-Leninismus) teilnehmen und außerdem eine Fremdsprache (Englisch, Deutsch oder Französisch) erlernen. Der Nachweis darüber ist in besonderen Prüfungen zu erbringen. Mathematik wird in den ersten vier Semestern, Physik in den ersten drei Semestern sehr ausführlich behandelt.

Ungefähr 45 % der Ausbildungszeit entfallen auf Vorlesungen, 20 % auf Laboratorien, 20 % auf Übungen und Seminare und 15 % auf die Erstellung von Entwürfen, von denen je einer im Semester gefordert wird. Über seinen wissenschaftlichen Leistungsstand muß der Student in regelmäßigen Zwischenprüfungen und Examina Rechnung ablegen. So sind am Ende eines jeden Semesters etwa acht bis zehn schriftliche und mündliche Prüfungen zu bestehen, bevor man in das nächsthöhere Semester aufgenommen wird.

Charakteristisch sind ferner die verlangten „Berufs“-Praktika, denen im Rahmen des jetzt wieder stark hervorgehobenen Bildungsprinzips der polytechnischen Bildung verstärkte Bedeutung beigemessen wird. Während des Studiums sind meist drei Praktika mit steigenden beruflichen Ansprüchen abzuleisten, für die insgesamt 19 Wochen vorgesehen sind, sie dienen zur Einführung und Vorbereitung der Diplomarbeit.

Der Ablauf der einzelnen Studienjahre ist in Bild 1 dargestellt, aus dem die zeitliche Verteilung, Anzahl der Prüfungen und ihre Dauer, Industriepraxis, Feriendauer usw. an der Moskauer Hochschule für Energiewirtschaft zu ersehen ist.

An dieser wohl modernsten technischen Hochschule der Sowjetunion studieren 13 000 Studenten, davon 2000 in der Abendfakultät (ein Fernstudium, besteht an dieser Hochschule nicht, hierfür soll in Moskau noch ein besonderes Institut bestehen), rund 40 % sind Frauen. An ihr bestehen zehn Fakultäten (mit 61 Lehrstühlen); es sind dies die Fakultäten für

1. Elektrische Kraftanlagen (Elektromaschinen für Dampf- und Wasserkraftwerke, Netze und Systeme, Hochspannungstechnik, Relaischutz und Automation),
2. Dampfkraftwerke,
3. Industrielle Wärmeanlagen,
4. Wasserkraftanlagen,
5. Energiemaschinenbau (Turbinen, Dampfkessel usw.),
6. Elektrische Maschinen und Apparate,
7. Elektrifizierung der Industrie und des Transportwesens,
8. Elektro-Vakuumtechnik und Spezial-Geräte-Technik (Rechenmaschinen),
9. Drahtlose Nachrichten- und Radiotechnik (Übertragungstechnik, Empfangseinrichtungen und Systeme, Funknetze, Elektronik),
10. Abendfakultät (mit der gleichen Unterteilung wie 1 bis 9).

Eine Aufgliederung der Fachrichtungen und Spezialisierungen der neun Tagesfakultäten bringen P. A. Abetti und G. F. Lincks [6], gleichzeitig damit auch die mit dem absolvierten Studium zu erreichenden Berufsbezeichnungen; ferner sind sehr detaillierte Studienpläne für die Fachrichtung „Elektrische Kraftwerke, Netze und Systeme“ angegeben. Die spezialisierte Ausbildung führt in dieser Fakultät z. B. zu fünf Spezial-Diplom-Ingenieuren: Elektro-Ingenieur für Wärmekraftwerke, für Wasserkraftwerke, für elektrische Netze und Systeme, für Automatisierung elektrischer Stromerzeugungsanlagen und für Hochspannungsanlagen.

Studienjahr	zeitliche Verteilung												Studium	Prüfungen	Industriepraxis	Diplomarbeit	Ferien	insgesamt
	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Wochen					
I													34	7	—	—	11	52
II													34	7	—	—	11	52
III													28	7	6	—	11	52
IV													30	6	7	—	9	52
V													30	6	6	—	10	52
VI													—	—	—	24	2	26
													156	33	19	24	54	286

Studium Prüfung Ferien Industriepraxis Diplomarbeit

Bild 1. Aufteilung der 5½-jährigen Ausbildung an der Moskauer Hochschule für Energiewirtschaft.

Diese weitgehende Spezialisierung ist übrigens nicht nur auf die Elektrotechnik beschränkt, sie gilt für alle Fachgebiete. Grundsätzlich soll der Absolvent nur für seine vorher bereits festgelegte schmale Berufsrichtung als Spezialist ausgebildet werden und nach bestandem Examen sofort voll verwendungsfähig sein.

### Das Fernstudium

Eine besondere Form des Studiums ist schließlich das Fern- und Abendstudium. Es ist für Berufstätige eingerichtet, die ohne Unterbrechung ihrer beruflichen Arbeit, entweder in Abendkursen oder durch Korrespondenz, Hochschulbildung erwerben wollen. Sie erhalten besondere Vergünstigungen, wie bezahlten Studienurlaub usw. Wegen des herrschenden Mangels an Facharbeitskräften und zur engeren Verbindung von Studium und Praxis wurde diese Studienform von der Regierung der UdSSR schon von jeher sehr gefördert; für die Zukunft soll es — wie bereits gesagt wurde — für die ersten beiden Studienjahre der Regelfall sein. In den vergangenen Jahren wurde jedoch von verschiedenen Seiten darauf hingewiesen, daß bisher das wissenschaftliche Niveau der Abendstudium-Absolventen unter dem Durchschnittsniveau der Direktstudierenden liege [7].



### Das Diplomexamen (Staatsexamen)

Zum Abschluß des Studiums durch das Staatsexamen wird eine Diplomarbeit — auch als „Ingenieur-Entwurf“ oder „Diplomprojekt“ bezeichnet — angefertigt, für die eine Zeitdauer von vier Monaten zur Verfügung steht. Als Umfang wurde angegeben: ungefähr 150 Seiten Text, einschließlich des theoretischen Teils, und rund 20 Zeichnungen. Bei einem Besuch der Polytechnischen Hochschule in Kiew im Jahre 1958 wurde in der Fakultät für Starkstrom-Elektrotechnik als Beispiel einer Diplomarbeit der Entwurf eines elektrischen Krans mit selbsttätiger Steuerung vorgelegt, der in seinem Umfang (Detailzeichnungen) wohl etwas über eine deutsche Diplomarbeit hinausging, was aber offensichtlich mit der Einengung und Spezialisierung des Studiums zusammenhängt. Als sonstige Beispiele von Diplomarbeiten wurden genannt: Teilgebiete für den Entwurf eines 350-MW-Kraftwerkes, Entwurf einer Übertragungsleitung von 20 MW bei 200 kV und Meßgeräte-Konstruktionen. Angeblich soll der größte Teil der Diplomarbeiten verwertet werden. So soll der obengenannte Kran in einem Werk nach den Unterlagen der Diplomarbeit gebaut worden sein.

Ein mündliches Staats- oder Diplomexamen in unserem Sinne gibt es nicht, da es ja bereits durch die Einzelprüfungen in den verschiedenen Semestern in gewissem Sinne vorweggenommen ist. Dagegen ist der eingereichte Entwurf in einer Disputation vor der Prüfungskommission zu vertreten. Diese Prüfungskommission wird durch das Ministerium für Hochschulwesen zusammengestellt. Ihr gehören sowohl Professoren als auch Praktiker an; Vorsitzender ist der jeweilige Spezialist des Industriezweiges aus einem Produktionsbetrieb.

Nach den Studienvorschriften und auf Grund amtlicher Verfügung (zuletzt Erlaß des Ministerrats der UdSSR vom 18. 5. 1956) sind alle Absolventen der Hochschulen verpflichtet, nach Abschluß ihres Studiums mindestens drei Jahre lang „dort zu arbeiten, wo es das Interesse des Staats erfordert“. Im allgemeinen werden dem einzelnen Absolventen von dem Rektor (Direktor) und den zuständigen Ministerien, wobei wiederum die Vertreter der politischen Organisationen Mitspracherecht haben, zwei bis drei Angebote zur Wahl vorgelegt. Seine Familienverhältnisse sollen nach Möglichkeit berücksichtigt werden, doch richtet sich die Auswahl der freien Arbeitsstellen nach den Erfordernissen des Volkswirtschaftsplanes und verlangt sehr oft vom Absolventen eine Tätigkeit weitab von den Hauptstädten in den Neuland- und Aufbaugebieten des Ostens.

### Die Ausstattung der elektrotechnischen Institute der Hochschulen

Während (1958) die Ausrüstung der Polytechnischen Hochschule in Kiew als mittelmäßig zu bezeichnen war, waren die Laboratorien der Moskauer Hochschule für Energiewirtschaft recht gut ausgestattet. So besaß beispielsweise der Lehrstuhl für elektrische Netze und Systeme 7 Netzmodelle. Eines davon ist eine Nachbildung des Systems Moskau—Kuibyschew im Verhältnis 1:1000, es arbeitet mit 400 V und Drehstrom 50 Hz, es ist eines der ältesten; ein modernes Netzmodell für die Stromversorgung Sibiriens befindet sich noch in Bau. Da für viele lokale Industrie- und Stadtnetze noch Gleichstrom bevorzugt wird, sind auch Gleichstrom-Netzmodelle vorhanden. Außerdem sind umfangreiche Einrichtungen für die Untersuchung von Wanderwellen vorhanden (Nachbildung für 6000 km). Weiterhin ist z. B. die Gleichstrom-Höchstspannungsübertragung im Bereich von 800 kV in Modellen und Regelungs- und Schutzeinrichtungen in intensiver Bearbeitung.

Das Hochspannungsinstitut hat Einrichtungen für 1800 kV und 500 kVA, ferner Stoßkondensatoren für 750 MVA. Mit Marx-Schaltungen können Untersuchungen an Isolatoren und Ketten-Überschläge durchgeführt werden. Außerdem ist ein Tesla-Transformator vorhanden.

Am Institut für Wasserkraftanlagen (Hydraulisches Laboratorium) war eine Modell-Untersuchung für den Stau-

damm in Dangawa (Lettland), Maßstab 250:1, im Gange. Mit Hilfe eines stroboskopischen Verfahrens wird die Flußgeschwindigkeit bestimmt. (Glas entspricht der Wasseroberfläche, Luft als Strömungsträger. Nachweis der Wirbel durch Metall-Partikel, die als Leuchtpunkte wirken.)

Weitere Angaben über Einrichtungen, Lehrkörper und Studienablauf sind in „École technique supérieures en URSS“ [8] veröffentlicht, aus denen sich auch die Sonderstellung ergibt, die das Institut innerhalb des Rahmens der sonstigen technischen Hochschulen der UdSSR einnimmt.

### Akademische Grade

Nach Abschluß des Studiums durch das Staatsexamen oder das Diplomprojekt und einer mindestens zweijährigen anschließenden Berufspraxis ist, nach einer Aufnahmeprüfung, die Aufnahme in die „Aspirantur“ möglich. Das Höchstalter für die Bewerber ist 40 Jahre. Die Aspirantur dauert 3 Jahre, in ihr wird noch weiteres theoretisches und praktisches Wissen an dem Lehrstuhl einer Hochschule, eines Institutes oder einer Universität oder an einem besonders zugelassenen wissenschaftlichen Forschungsinstitut erworben. Während dieser Zeit werden wiederum Zwischenprüfungen abgelegt. Im letzten Jahr wird eine Dissertation verfaßt, die vom Wissenschaftlichen Rat der Hochschule, der in etwa dem Senat unserer Hochschulen entspricht, aber durch das Hochschulministerium der UdSSR ernannt wird, angenommen werden muß. Sie wird dann in einer öffentlichen Sitzung durch Disputation (2 offizielle Opponenten) verteidigt und führt zum akademischen Grad „Kandidat“, den es für insgesamt 18 verschiedene Fachgebiete gibt, so z. B. in der Elektrotechnik und sonstigen technischen Gebieten zum „Kandidat der technischen Wissenschaften“. Er ist die Voraussetzung für die Übertragung einer Dozentur.

1955 gab es unter 29 362 Aspiranten 9358 auf dem technischen Fachgebiet und 2855 auf dem physikalisch-mathematischen Fachgebiet. Die Gesamtzahl aller Kandidaten der Wissenschaften wurde 1955 mit rund 78 000 angegeben, von denen 43 450 als Lehrkräfte an Hochschulen tätig waren.

Sehr viel seltener wird der zweite wissenschaftliche Grad, der Doktor der Wissenschaften (ebenfalls für verschiedene Fächer) verliehen. Der Erwerb dieses Grades setzt den Grad des Kandidaten der Wissenschaften oder die Dienststellung eines Professors voraus; außerdem muß sich der Bewerber durch eine Reihe von wissenschaftlichen Veröffentlichungen ausgezeichnet haben. An die Dissertation, die ebenfalls öffentlich verteidigt wird, werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Die Verleihung des Grades ist durch die Höchste Attestierungskommission bei dem Ministerium für Hochschulbildung der UdSSR zu bestätigen. In besonderen Fällen kann der Grad eines Doktors der Wissenschaften ohne die Anfertigung und Verteidigung einer Dissertation verliehen werden.

An 283 Anstalten (1956) der Sowjetunion kann neben dem Grad eines Kandidaten auch der eines Doktors der Wissenschaften verliehen werden, darunter sind etwa 150 Hochschulen.

Über die Statuten der Hochschulen und ihrer Lehrkörper werden Übersichten und Literaturangaben im Schrifttum unter [3] angegeben.

### Die Ausbildung an den Techniken

Die Bezeichnung „Technikum“ gilt in der Sowjetunion für alle Fachschulen, auch für die nichttechnischen Gebiete; so existieren z. B. Techniken für Sanitätspersonal, Sport, Lehrer an Grundschulen usw. Je nach Schulabschluß dauert die Ausbildung 2 bis 2½ Jahre (nach Abschluß der Zehnjahres-Schule) oder 4 Jahre (nach Abschluß der Siebenjahres-Schule), in letzterem Falle ist in der Ausbildung noch allgemeiner Unterricht enthalten. Die Ausbildung ist auch im Abend- und Fernunterricht möglich. Eine Übersicht über die Zahl der in den verschiedenen Studienfachrichtungen in der Zeit von 1940 bis 1955 in Ausbildung Befindlichen wird in Tafel 5 wiedergegeben [9]. Man ersieht daraus, daß die



Tafel 5. Zahl der Schüler an Technika der Sowjetunion in Tausenden.

Fachrichtung	1941	1946	1951	1956
Industrie und Bauwesen	187,5	298,1	449,9	843,1
Verkehrs- und Fernmelde- wesen	54,4	67,4	88,6	150,3
Agrar- und Forstwesen	114,7	119,0	162,0	337,8
Volkswirtschaft und Recht	43,1	80,0	93,4	134,6
Erziehungswesen	345,3	250,8	347,5	247,2
Öffentliches Gesundheits- wesen und Sport	204,4	168,5	126,0	215,9
Schöne Künste	25,4	23,9	30,2	31,5
Insgesamt	974,8	1 007,7	1 297,6	1 960,4

beiden ersten Gruppen, die der Technik zugehören, von der Gesamt-Studierendenzahl von 1,96 Mio. 1956 allein beinahe 1 Mio. ausmachten, und zwar ist bis 1956 ein kontinuierliches Ansteigen dieser Zahlen festzustellen; wie sich aus Tafel 2 ergibt, ist die Zahl inzwischen auf 1 868 000 gesunken.

Auch für die Aufnahme in ein Technikum ist das Bestehen einer Aufnahmeprüfung Voraussetzung (4 Gebiete teils schriftlich). Es melden sich ungefähr sechs- bis siebenmal soviel wie aufgenommen werden können. Der auf dem Technikum vermittelte Lehrstoff verteilt sich zu ungefähr 60 % auf Allgemeinwissen und Theorie und zu rund 40 % auf die Praxis in den Laboratorien und Werkstätten der Schulen sowie in Fabrikationsbetrieben, wo im Laufe der Ausbildung 8 bis 10 Monate abzuleisten sind. Auch hier finden am Ende eines jeden Semesters Prüfungen statt, von deren Bestehen das Aufrücken in das nächste Semester abhängt.

Tafel 6. Von Technika oder anderen spezialisierten höheren Lehranstalten der Sowjetunion verliehene Abschluszeugnisse in Tausenden (einschließlich Fernstudium).

	1954	1955	1956	1957	1958
Fachgebiet Ingenieurwesen	122,4	156,2	207,6	197,7	256,8

Tafel 6 gibt Auskunft über die in den Studienjahren 1954 bis 1958 erzielten Schulabschlüsse auf dem Gebiet des Ingenieurwesens [2].

Nach erfolgreichem Abschluß der Studien erhält der Absolvent einer mittleren technischen Fachschule den Titel

„Techniker“. Der Abschluß berechtigt auch nach weiterer dreijähriger Berufstätigkeit zum Besuch der Hochschule, wobei die „mit Auszeichnung“ Bewerteten von der Anstalt der Hochschule vorgeschlagen werden. Verschiedentlich werden in Veröffentlichungen die Absolventen der Techniken mit deutschen Ingenieurschulabsolventen gleichgesetzt [9, 2]. Dies ist sicherlich unzulässig, denn die sehr spezialisierte Ausbildung ist nicht so umfassend. So werden in der Sowjetunion die „Techniker“ auch häufig als „Gehilfe des Ingenieurs“ bezeichnet. Viele Absolventen sind daher auch in meisterähnlichen Stellen der Produktions- und Reparaturbetriebe tätig.

Zusammenfassung

Wie sich aus den mitgeteilten Zahlen ergibt, hat die Sowjetunion nach 1945 die wissenschaftliche Ausbildung, insbesondere die naturwissenschaftliche und technische, außerordentlich gefördert. Ein besonderes Kennzeichen ist die starke Spezialisierung, die sowohl für Universitäten und Hochschulen als auch für Techniken zutrifft. Da die schulmäßige Vorbildung in der UdSSR auf ganz anderen Voraussetzungen beruht, ist ein unmittelbarer Vergleich mit anderen Ländern kaum möglich. Die Techniker in der UdSSR sind wohl am ehesten mit unseren Technikern und Meistern vergleichbar, häufig werden sie wohl auch „praktische Spezialisten“ sein, da es in der UdSSR eine Facharbeiter-Ausbildung in unserem Sinne nicht gibt.

Schrifttum

[1] Anlage zum Schnelldienst des Deutschen Industrieinstituts Nr. 3 vom 10. Januar 1961.  
[2] Die Ausbildung von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren. Bericht des Ausschusses für Naturwissenschaftler und Techniker der Organisation für Europäische wirtschaftliche Zusammenarbeit (OEEC) vom 12. Juli 1960 STP/GC (60) 50.  
[3] Niens, W.: Das technische Ausbildungswesen in der Sowjetunion. Kerntechn. Bd. 3 (1961) S. 87–90, S. 137–140 u. S. 171–175.  
[4] Aufnahmebedingungen für Universitäten und Hochschulen der UdSSR für das Studienjahr 1957/58. Ost-Europa/Naturwissenschaft 1, S. 79–84.  
[5] Jahrbuch 1959 des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft, Essen (1959) S. 163–177.  
[6] Abetti, P. A., u. Lincks, G. F.: Electrical engineering education and research in the UdSSR. Electr. Engng. Bd. 77 (1958) S. 384–390 u. 479 bis 484.  
[7] Meyer, Kl.: Das wissenschaftliche Leben in der UdSSR. Wirtsch. u. Wissensch. C 59, Essen-Bredeney, Stifterverband der Deutschen Wissenschaft (1959) S. 33.  
[8] École Technique Supérieure en URSS 1958. Herausgegeben von der UdSSR auf der Weltausstellung in Brüssel 1958, S. 9–13.  
[9] Strobel, G. W.: Die wirtschaftliche und machtpolitische Bedeutung der Polytechnisierung in Schule und Wissenschaft der Sowjetunion. Europa-Archiv 5. Nov. 1957, S. 10 246.

Schnellschalter für Wechselstrom, ihre Wirkungsweise und ihr Verhalten in der Anlage

DK 621.316.57.027.26

Die Verwendung von Niederspannungs-Wechselstrom-Schnellschaltern bedeutet ein Herabsetzen der Kurzschlußbeanspruchung für die Schaltanlagen. Der sogenannte Begrenzungs-Leistungsschalter arbeitet mit einer steil ansteigenden hohen Lichtbogenspannung. Mit der vereinfachenden Annahme eines linearen Brennspannungsanstieges wird der Stromverlauf für symmetrischen und asymmetrischen Kurzschlußstrom berechnet. Die für einen Leistungsfaktor  $\cos \varphi = 0,4$  berechneten Diagramme zeigen, daß außer dem Brennspannungsanstieg der Ausschaltwinkel, d. h. der Phasenwinkel vom Entstehen des Kurzschlußstromes bis zum Beginn des Lichtbogens, von ausschlaggebender Bedeutung für Strombegrenzung und Lichtbogen-dauer ist.

Um den kleinen Ausschaltverzug zu erreichen, werden für das Öffnen der Kontakte die auf die Kontaktstücke wirkenden elektrodynamischen Abhebekräfte benutzt, die bei Kurzschlußströmen erhebliche Werte erreichen. Die Gefahr des Verschweißens der Kontaktstücke wird dadurch vermieden, daß ein äußerst schnell wirkender, auf den siebenfachen Wert des Nennstromes eingestellter elektromagnetischer Schnellauslöser eine im Kontaktarm angebrachte

Sperre auslöst und damit das Kontaktöffnen einleitet. Die Kontaktkraft ist so gewählt, daß die Abhebekraft den Kontakt etwa beim vierzigfachen Nennstrom öffnet. Der steile Brennspannungsanstieg wird durch eine Lichtbogenkammer erreicht, die den Lichtbogen durch Deion-Bleche in Teillichtbögen unterteilt, wobei durch die besondere Formgebung der Bleche den heißen Gasen ein leichtes Abströmen ermöglicht wurde.

Die mitgeteilten Versuchsergebnisse<sup>1)</sup> zeigen eine Strombegrenzung bis auf 35 % des nichtbegrenzten Kurzschlußstromes bei 500 V. Die wirksame Strombegrenzung setzt die elektrodynamische und thermische Beanspruchung der aktiven Teile der Schaltanlage im Falle eines Kurzschlusses wesentlich herab. Als Nachteil der beschriebenen Konstruktion muß erwähnt werden, daß Kurzschlußströme oberhalb des siebenfachen Nennstromes nicht selektiv abgeschaltet werden können. Die Selektivität bei parallelen Abzweigen und bei Reihenschaltung von üblichen Leistungsschaltern mit Begrenzungs-Leistungsschaltern ist gewährleistet. *Hlk*

1) Nach Mau, H.-J.: Elektr. Bd. 14 (1960) S. 418–423; 11 B., 1 Taf., 5 Qu.



# Lasttrennschalter mit unter Last herausnehmbarer Löscheinrichtung

Von Rudolf Körber, Düsseldorf\*)

DK 621.316.545.027.71/73

## Die Entwicklung der Lasttrennschalter

Bei der Ausrüstung der Mittelspannungsnetze haben in den letzten Jahren wirtschaftliche Überlegungen zu einer verstärkten Nachfrage nach Lasttrennschaltern geführt. Immer mehr hat sich die Erkenntnis verbreitet, daß dieses früher weniger bekannte Gerät für viele Aufgaben in diesen Netzen besonders geeignet ist und auch erheblich zur Kostensenkung im Schaltanlagenbau beitragen kann. Die Entwicklung führte zu einer Steigerung der Schaltleistung, so daß heute von den meisten Lasttrennschaltern Ausschaltströme bis zur Höhe des Nennstromes beherrscht werden. Damit hat sich wiederum der Anwendungsbereich dieser Schaltgeräte ständig erweitert.

Die Geschichte des Lasttrennschalters ist noch sehr jung. Während in den Vereinigten Staaten die Entwicklung vor etwa 20 Jahren begann, hat man sich in Deutschland erst seit 8 Jahren mit diesem Schaltgerät befaßt. Man begnügte sich hier zunächst mit kleineren Abschaltleistungen (bis 2 MVA), bis die Erkenntnis der technischen und wirtschaftlichen Vorzüge eine geradezu stürmische Entwicklung einleitete.

Diese Entwicklung weist in zwei Richtungen:

Ersatz des Trenners durch den Lasttrennschalter, da dieser die heutigen Forderungen nach Sicherheit besser erfüllt.

Verwendung des Lasttrennschalters in kleineren Netzabzweigen an Stelle von Leistungsschaltern oder Leistungstrennschaltern, deren Schaltleistung hier nicht ausgenutzt wird und die deshalb unwirtschaftlich sind.

## Anwendungsbereiche des Lasttrennschalters

Im einzelnen ergeben sich folgende Anwendungsbereiche für den Lasttrennschalter:

Eines der Hauptanwendungsgebiete ist das der kleinen Netzverteilungen und Transformatorstationen der städtischen und ländlichen Stromversorgung, soweit sie bisher nur mit Trennern ausgerüstet waren. Im Störfall mußte hier mit Hilfe des nächsten Leistungsschalters ein größerer Bereich stromlos gemacht werden. Der Lasttrennschalter ermöglicht dagegen die beliebige Abtrennung einzelner Abzweige. Er bietet hier, außer dem Vorteil der Einschränkung von Betriebsunterbrechungen, auch größere Sicherheit z. B. gegen die Gefahr, daß ein Trenner versehentlich unter Last gezogen wird. Dies ist bei uns immer noch die häufigste Unfallursache in Schaltanlagen. In den USA ist der Trenner, wohl vornehmlich aus diesen Gründen, durch den Lasttrennschalter bereits vollständig verdrängt worden.

Der Lasttrennschalter muß für die hier geschilderten Verhältnisse in der Lage sein, kapazitiv und induktiv kleine Ströme bis etwa 20 A bzw. 10 A im Falle der Abschaltung unbelasteter Freileitungen, Kabel und Transformatoren, sowie Ströme bis etwa 5 % der Nennstromstärke bei  $\cos \varphi = 0,7$  zum Abschalten kleiner Lasten, zu bewältigen. Daneben muß auch mit dem Abschalten etwaiger Erdschlüsse gerechnet werden. Diese Schalter werden selten, d. h. nur wenige Male im Jahr betätigt.

Lasttrennschalter kommen ferner für mittlere und kleine Industrieabnehmer in Betracht, in deren Bereich heute meist noch Leistungstrennschalter und Leistungsschalter verwendet werden. Hier benutzt man vor allem Lasttrennschalter mit angebauten HH-Sicherungen, die betriebsmäßig Lastströme bis etwa 10 % der Nennstromstärke mit unterschiedlicher, d. h. teilweise größerer

Häufigkeit zwischen 50 und 200 Schaltungen im Jahr, abschalten müssen.

Eine weitere Aufgabe ist die Verwendung als Sammelschienenschalter zum Ein- und Ausschalten von Leitungs-Ringen und -Schleifen. Dies kommt fast nur im Störfall in Betracht. Es müssen jedoch Ströme bis zur Nennstromstärke bewältigt werden.

Schließlich verwendet man den Lasttrennschalter als Schutztrenner in Schaltanlagen vor oder hinter einem Leistungsschalter. Auch diese Schalter müssen Ströme gegebenenfalls bis zur Nennstromstärke beherrschen. Die Schalthäufigkeit ist unterschiedlich. Das Abschalten der Nennstromstärke kommt praktisch nur bei Schaltfehlern vor.

In allen hier geschilderten Anwendungsbereichen muß der Lasttrennschalter außerdem in der Lage sein, ohne Beeinträchtigung seiner Schaltbereitschaft auf einen bestehenden Kurzschluß zu schalten. Das Ausschalten eines Kurzschlusses wird naturgemäß nicht gefordert.

Aus diesen Aufgaben und Betrachtungen lassen sich die besonderen Forderungen, die an einen Lasttrennschalter zu stellen sind, wie folgt zusammenfassen:

Der Schalter soll ohne Wartung eine größere Anzahl (100 bis 200) Ausschaltungen durchführen können, und zwar im Bereich kleiner Ströme (etwa 5 bis 10 % des Nennstromes) bei  $\cos \varphi = 0,7$ . Ebenso soll er im Bereich kleinster Ströme (bis etwa 20 A) bei  $\cos \varphi = 0,1$  induktiv und kapazitiv sicher schalten können. Seinen größten Ausschaltstrom, der etwa im Bereich der Nennstromstärke liegen sollte, müßte er störungsfrei mindestens 3-mal beherrschen. Außerdem soll er mehrere Male auf einen Kurzschluß einschalten können.

Nach Überarbeitung der VDE-Vorschriften 0670 werden hierüber noch genauere Festlegungen zur Verfügung stehen.

## Löschverfahren

Von den zahlreichen bekannten Löschverfahren [1] mit selbst- und fremderzeugter Druckluft, magnetischer Blasung, mit Öl oder Schwefel-Hexafluorid gefüllten Löschkammern, Löschung im Vakuum, Schnellschaltung in Luft und in gasabgebenden Löschkammern, haben sich in Deutschland im wesentlichen 3 Verfahren eingeführt:

Ölkammern, selbsterzeugte Luftbeblasung und gasabgebende Löschkammern.

Ölkammern werden nur selten verwendet. Schalter mit Luftbeblasung sind verhältnismäßig aufwendig. Sie erfordern z. B. außer einem oder mehreren Blaskolben auch einen kräftigeren Antrieb, um die Blasluft zu erzeugen. Dabei haben sie allerdings den Vorteil, eine sehr große Schalthäufigkeit, z. T. bis über die Nennstromstärke hinaus, zu erreichen, und bieten auch gute Voraussetzungen für das Schalten kapazitiver Ströme. Da jedoch nur selten so hohe Forderungen gestellt werden müssen, scheint der Mehraufwand hierfür bei dem größten Teil der Anwendungsfälle nicht gerechtfertigt. Aus diesem Grund wird heute das Löschverfahren mit gasabgebenden Löschkammern bei uns weitaus am häufigsten angewendet. Es besteht durch eine sehr einfache Bauweise.

Die Entwicklung solcher Löschsysteme in Form von Rohrlöschkammern geht auf Vorschläge von Ruppel zurück, die in Deutschland in einem Hartgas-Leistungsschalter und in den Vereinigten Staaten auch bei Lasttrennschaltern schon länger angewendet werden. In Deutschland wurde das Hartgas-Löschprinzip für Lasttrennschalter zunächst in Form einer Flachlöschkammer angewendet. Sie ist

\*) Dipl.-Ing. R. Körber ist Entwicklungsleiter bei der Felten & Guilleaume Schaltanlagen GmbH, Duisburg-Wanheimerort.



der Rohrlöschkammer im Grunde ähnlich, wenn man sich den Ringspalt einer Rohrlöschkammer abgewickelt vorstellt. Die Rohrlöschkammer erlaubt jedoch eine gedrängtere Bauweise und arbeitet im allgemeinen mit kürzerer Lichtbogenlänge und kürzerer Lichtbogendauer [5]. Diese Vorteile schienen für eine Neuentwicklung beachtenswert, die unter dem Namen „Kipprohr-Lasttrennschalter“ auf den Markt gebracht wurde. Man setzte sich hierbei zum Ziel, durch eine unter Spannung und unter Last zugängliche Löscheinrichtung eine Verbesserung der Betriebssicherheit zu erreichen, und zwar aus folgender Überlegung:

Die Schalthäufigkeit der heutigen Lasttrennschalter, insbesondere derjenigen mit einer Hartgas-Löscheinrichtung, ist, obgleich sie für die meisten Fälle ausreicht, letzten Endes begrenzt. Diese Grenzen werden meist in Abhängigkeit von der geschalteten Stromstärke angegeben.

Man muß also im Betrieb die Schaltbelastung genau beachten und muß schließlich den Schalter, oder zumindest, soweit das möglich ist, die Löscheinrichtung allein, nach einer bestimmten Anzahl von Schaltspielen auswechseln. Dabei ist es gar nicht einfach, die Schalthäufigkeit und die jeweils geschaltete Stromstärke festzustellen, es sei denn, man macht sich die Mühe, hierüber genau Buch zu führen. Das erscheint wiederum, bei der großen Anzahl der eingesetzten Schalter mit sehr unterschiedlicher Verwendung, kaum möglich. Eher wird man die Anlagen regelmäßig einer Inspektion unterziehen. Doch muß dann, um die Brauchbarkeit oder Belastung der Löscheinrichtung zu untersuchen, meist die Anlage spannungsfrei geschaltet werden. Auch dies ist aber in den wenigsten Fällen durchzuführen.

### Die Löscheinrichtung

Durch eine zwischen den Schaltmessern angeordnete rohrförmige Löscheinrichtung gelang es nun, diese unter Spannung und unter Last auswechselbar zu gestalten und damit die genannten Schwierigkeiten zu beseitigen.

Auf Bild 1 ist zu erkennen, wie die Löscheinrichtung mit Hilfe einer isolierten Greiferstange aus dem Schalter herausgenommen wird. Die Löscheinrichtung wird dabei an dem nach vorn herausragenden Kugelknopf erfaßt, entriegelt und aus dem Haltebügel herausgeschwenkt. Die im Bilde sichtbaren Plexiglaswangen dienen dabei als Berührungsschutz gegen Erde und die benachbarten Leitungsstränge. Nach Abschrauben des unteren Teiles der Löscheinrichtung kann der Verschleiß aller dem Lichtbogen ausgesetzten Teile überprüft werden. Insbesondere kann man den Spalt zwischen Löschrohr und Schaltstiftspitze nachmessen (Bild 2) und damit prüfen, inwieweit die zulässige Schaltbelastung erreicht ist. Ebenso einfach kann die Löscheinrichtung wieder zusammengeschaubt und mit derselben Stange wieder eingesetzt, oder, wenn erforderlich, durch eine neue ersetzt werden. Der ganze Vorgang ist nicht schwieriger als das Auswechseln einer Sicherung.

Ähnlich wie man bei Leistungsschaltern zu ausfahrbaren Einheiten übergegangen ist oder bei einigen Fabrikaten die Schalterpolteile auswechselbar gemacht hat, kommt man auch hier zu einer einfacheren Reservehaltung und ist nicht auf Spezialmonteure angewiesen, denn durch die Trennung der Löscheinrichtung als Verschleißteil von dem wesentlich robusteren Schaltgerät verbleiben auch die besonderen Anbauteile, wie z. B. Meldeschalter, Auslöser und Antriebsorgane, in der Anlage. Auch der Austausch gegen eine stärkere Löscheinrichtung (z. B. 400 A gegen 600 A) ist auf diese einfache Weise möglich.

Nachteile brauchten mit dieser Auswechselbarkeit nicht erkaufte zu werden, denn die Schalthäufigkeit der Löscheinrichtung steht denen von anderen Lasttrennschaltern nicht nach. Da die betriebsmäßige Schaltbeanspruchung meist wesentlich darunter liegt, benötigt in diesen Fällen auch der Kipprohrschalter keinerlei Wartung. Man wird es aber sicher für vorteilhaft erachten, sich in gewissen Ab-

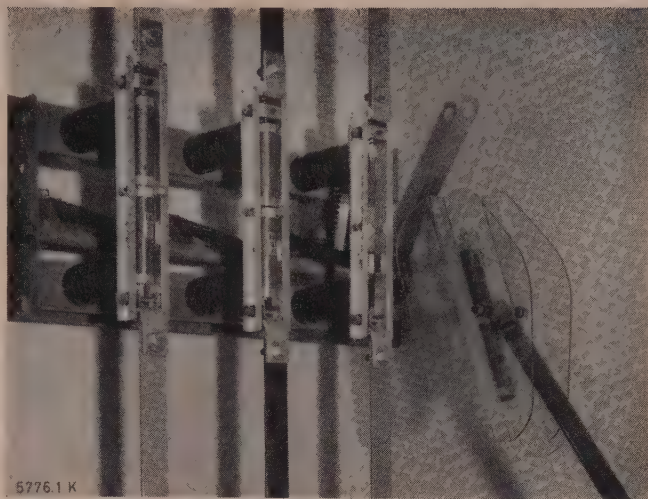


Bild 1. Herausnehmen der Löscheinrichtung unter Last.

ständen von dem Zustand der Löscheinrichtung auf so einfache Weise überzeugen zu können.

Gleichzeitig erreicht man mit dieser neuen Anordnung eine größere Sicherheit beim Einschalten auf Kurzschluß. Bei den meisten Löschkammern, die fast alle innerhalb der Schaltstrecke liegen, besteht bekanntlich die Gefahr, daß bei Annäherung der Kontakte eine Vorzündung über die Löschkammer erfolgt. Dies ist besonders dann zu befürchten, wenn diese durch vorangegangene Ausschaltungen an ihren Wandungen verrußt ist. Fließt dann durch die Vorzündung beim Einschalten auf einen Kurzschluß ein Strom von einigen Kiloampere über den Lichtbogen, so kann die Kammer durch die explosionsartige Gasentwicklung leicht zerstört werden.

Die rohrförmige Löscheinrichtung liegt aber beim Einschalten so zwischen den Schaltmessern, daß letztere zuerst den Gegenkontakt berühren (Bild 3a). Eine Vorzündung kann also, bei Annäherung der Kontakte, nicht über die Löscheinrichtung eingeleitet werden. Der Vorzünd-Lichtbogen schlägt vielmehr zur Messerspitze über, die den Abbrand von mehreren Kurzschluß-Einschaltungen unbeschadet übernehmen kann, da diese Stelle nicht für die Dauerkontaktgabe benötigt wird.



Bild 2. Kontrolle des Abbrandes der Löscheinrichtung.



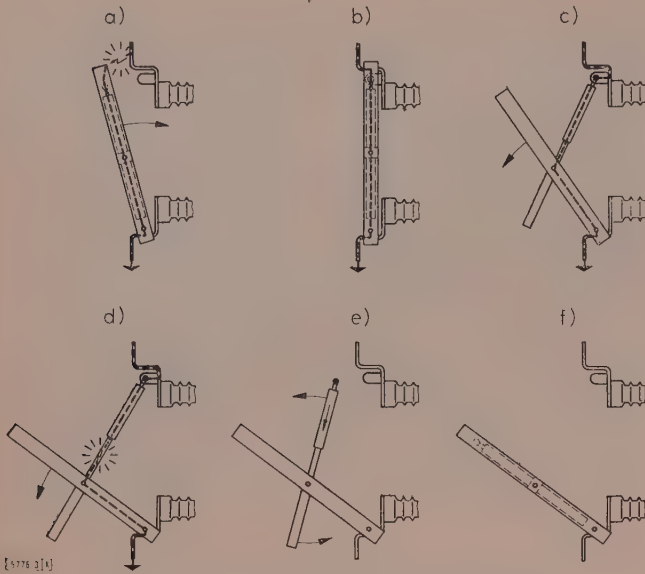


Bild 3. Funktionsablauf beim Ein- und Ausschalten.

- a) Einschaltvorgang, Vorzündung über Schaltmesser, Löscheinrichtung unbeteiligt.
- b) Eingeschaltet, Kipprohr ist zwischen den Schaltmessern eingerastet.
- c) Beim Ausschalten öffnen die Schaltmesser, Kipprohr wird auseinandergezogen, Schaltfeder wird gespannt.
- d) Schaltstift löst aus, Lichtbogen wird im Ringspalt zwischen Löschröhr und Spitze gelöscht.
- e) Löscheinrichtung rastet aus und schwenkt zurück, Schaltfeder und Rückholfeder werden entspannt.
- f) Ausgeschaltet, Löscheinrichtung liegt wieder zwischen den Schaltmessern, Trennstrecke ist hergestellt.

#### Wirkungsweise des Kipprohr-Lasttrennschalters

Die einzelnen Phasen des Bewegungsablaufes beim Schalten sind auf Bild 3 a bis f dargestellt. Nach dem Trennen der Schaltmesser kippt die Löscheinrichtung um einen in der Mitte der Messer gelagerten Drehpunkt (daher wurde hierfür die Bezeichnung „Kipprohr“ geprägt) und übernimmt bis zur Löschung die Stromführung. Die Löscheinrichtung wird, wie auf dem Bild 4 zu erkennen ist, von zwei Aluminiumhülsen 8 und 11 umschlossen, welche die

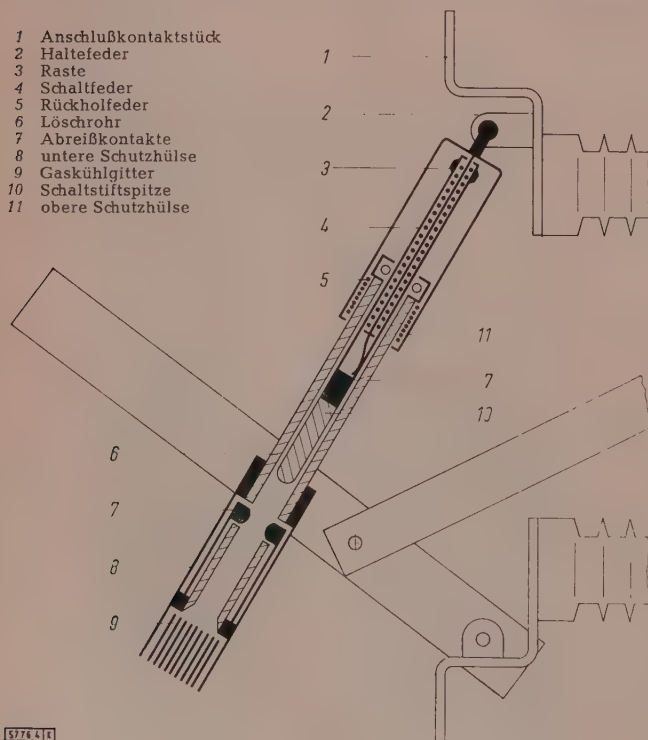


Bild 4. Schnittbild des Lasttrennschalters in Löscheinrichtung.

innenliegenden Teile vor Beschädigungen schützen. Während der Ausschaltbewegung werden diese teleskopartig auseinandergezogen. Dadurch spannt sich die Schaltfeder 4, die den Schaltstift nach Überwinden einer Raste 3 schließlich mit hoher Geschwindigkeit in das Löschröhr 6 hineinzieht. Die Raste wird dabei durch den Anschlag, also zwangsläufig, überwunden und ist gegen Lichtbogeneinwirkung geschützt.

Unter der Wirkung des in den Ringspalt zwischen Löschröhr und Schaltstiftspitze gezogenen Lichtbogens wird von den Wandungen dieser Kunststoffteile Gas abgespalten und der Lichtbogen heftig beblasen. Diese wirksam gegen die Fußpunkte an den unteren Abbrandkontakten gerichtete Beblasung wird während der ganzen Ausschaltbewegung bis zum Verlöschen des Lichtbogens aufrechterhalten. Das ist wichtig, weil die Löschung in einem Nulldurchgang des Stromes stattfindet, der, je nach Phasenlage, in verschiedenem zeitlichen Abstand von der willkürlichen Trennung der Abreißkontakte liegt. Der Lichtbogen wird dann im nächsten, spätestens im übernächsten Nulldurchgang nach Entionisierung der Restgassäule gelöscht. Neben der Entionisierung bewirkt übrigens die starke Beblasung eine mechanische Säuberung der Wandungen von jeder Art Ablagerung.

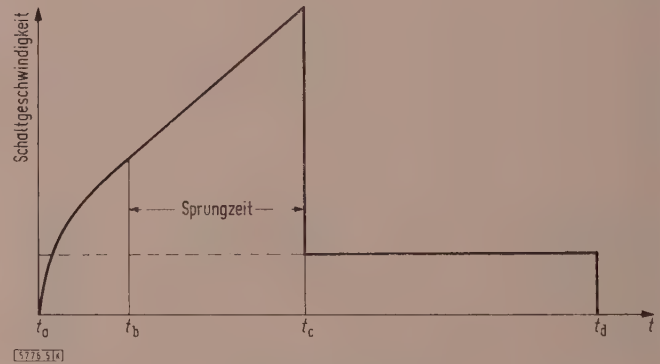


Bild 5. Geschwindigkeitsverlauf des Schaltstiftes innerhalb der Löscheinrichtung.

- $t_a$  Austrasten des Schaltstiftes;  $t_c$  Anschlag des Schaltstiftes
- $t_b$  Trennung der Abreißkontakte;  $t_d$  Austrasten des Kipprohres

Wesentlich für die sichere Funktion der Löscheinrichtung ist der zeitgerechte Ablauf des Schaltvorganges (Bild 5). Nachdem die Löscheinrichtung bis auf den erforderlichen Ionisationsabstand auseinandergezogen ist, wird der Schaltstift entrastet ( $t_a$ ) und mit der Schwingkraft der Schaltmesser sofort stark beschleunigt. Die Abreißkontakte gleiten dann noch eine kurze Strecke auf der Abbrandhülse am Schaltstift. Die Geschwindigkeit beträgt daher bei Trennung der Abreißkontakte bereits einige m/s ( $t_b$ ), und der Löscharabstand im Inneren des Rohres wird schon nach wenigen Millisekunden erreicht ( $t_c$ ). Von diesem Punkt an, bei dem der Schaltstift zum Anschlag gekommen ist, bewegt er sich nur noch unter dem Einfluß der sich öffnenden Schaltmesser mit wesentlich geringerer Geschwindigkeit innerhalb des Löschröhres weiter, so daß auch eine etwaige Rückzündung noch eine ausreichende Zeit lang die Löscharbereitschaft vorfindet. Im Punkt  $t_d$  wird das Kipprohr aus der Haltefeder gelöst, und die Bewegung wird rückläufig.

Die Löscheinrichtung wurde so aufgebaut, daß beim Ausschalten immer die Isolationsstrecke außen am Löschröhr um einen ausreichenden Betrag größer ist als innen, so daß eine Wiederzündung auch bei heftiger Löscheinwirkung nie außen erfolgen kann. Andererseits sind die unteren Abreißkontakte durch das Mantelrohr 8 in Bild 4 so abgeschirmt, daß sie in einem Bereich niedriger Feldstärke liegen. Die Löschung wird dadurch wesentlich erleichtert. Die beim Löscharvorgang entstehenden Gase werden durch ein Gaskühlgitter 9 unter ihre Brenntemperatur gekühlt.



Sie verlassen daher das Kipprohr am unteren Ende ohne jede Feuererscheinung. Ein zusätzlicher Schutzabstand wegen des Gasausstoßes ist deshalb nicht erforderlich.

Während das Kipprohr durch Federkraft wieder zwischen die Hauptmesser zurückschwenkt, kehren auch alle übrigen Teile der Löscheinrichtung unter Entspannung der Rückholfeder 5 (Bild 4) und der Schaltfeder 4 in ihre Ausgangslage zurück (Bild 3f). Das Löschröhr 6 liegt jetzt wieder geschützt innerhalb der Aluminiummantelrohre 8 und 11. Die Löscheinrichtung fñgt sich im ein- und ausgeschalteten Zustand des Schalters vñllig in die Umrisse des Trenners ein und benñtigt infolgedessen keinen grñßeren Raum als dieser.

Ein Sprungantrieb dient sowohl zum Ein- als auch zum Ausschalten. Bei Sicherungsanbau ist ein Sprungantrieb mit Ausschaltspeicher vorgesehen, der auch durch Arbeitsstrom, Unterspannung oder Wandlerstrom ausgelñst werden kann.

Von grñßer Bedeutung fñr die Betriebssicherheit des Schalters sind die mechanischen Prñfungen. Hier scheinen die bisherigen Forderungen der VDE-Vorschrift 0670 mit 1000 Schaltspielen fñr den Lasttrennschalter zu gering bemessen. Die Versuche wurden deshalb so weit getrieben, daß fñr die Löscheinrichtung 3000 und fñr den Grundscharter mit Sprungantrieb 10 000 Schaltungen mechanisch verbñrgt werden kñnnen.

### Funktionsprñfungen in der Fertigung

Im Hinblick auf die unbedingte Austauschbarkeit der Löscheinrichtung galt es, die Sicherheit des zeitlichen Funktionsablaufs fñr die laufende Fertigung zu gewñhrleisten. Die Voraussetzung hierfñr lñsst sich durch sorgfältige Kontrolle aller beweglichen Teile und Überprüfung der maßgeblichen Zeiten im Rahmen einer Stñckprñfung schaffen. Um diese Kontrolle in eine zñgige Fertigung einbauen zu kñnnen, wurden Prñfgeräte entwickelt, in welche die teilmontierte und die fertige Löscheinrichtung eingelegt werden kann. Die abgelesenen Werte werden in ein Protokollblatt so eingetragen, daß sich eine Gaußsche Fehlerkurve ergibt. An Hand dieser Kurve lñsst sich jede Verñnderung rechtzeitig erkennen, so daß einer Erhñhung der Ausschußquote rechtzeitig vorgebeugt werden kann. Die zulässigen Grenzen und Toleranzen fñr diese Kontrolle wurden in einer grñßen Reihe von Dauerschaltversuchen mit 10 000 bis 20 000 Schaltspielen gewonnen.

Das Gerät auf Bild 6 ermñglicht die Kontrolle der Kräfte, die zum Überwinden der Rastung des Schaltstiftes nñtig sind. Mit Hilfe eines Schleppzeigers kñnnen die Werte an einer eingebauten Federwaage abgelesen werden. Das Kipprohr wird dabei durch Motorkraft mit kontinuier-



Bild 6. Vorrichtung zum Prüfen der Rastkräfte.

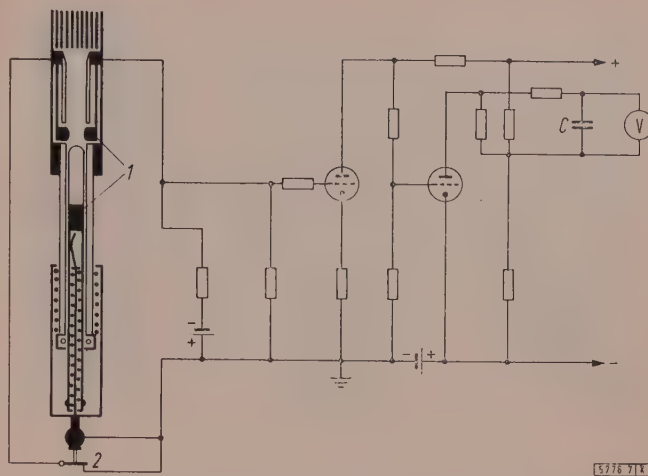


Bild 7. Schaltbild der Geschwindigkeits-Prñfeinrichtung.

licher Geschwindigkeit auseinandergezogen, bis der Schaltstift ausrastet. Um Streuungen zu erfassen, wird die Messung an jedem Rohr mehrfach durchgefñhrt. Liegen die Werte innerhalb der Toleranzgrenze, so ist die Funktion der Raste sichergestellt.

Zur Kontrolle der Schaltstiftgeschwindigkeit wird die sogenannte „Sprungzeit“ ermittelt. Das Prñfgerät (Bild 7) enthält eine Kondensatoranordnung (C), deren Ladevorgang beim Trennen der Abreißkontakte 1 beginnt und bei Erreichen der Endstellung des Schaltstiftes unterbrochen wird.

Die gemessene Sprungzeit wird dann an einem in Millisekunden geeichten Rñhren-Voltmeter (V) abgelesen. Ein Mikroschalter 2 unterbricht den Stromkreis beim Anschlag des Schaltstiftes im Rohrrinnen. Der Betätigungshebel dieses Schalters legt sich gegen das Rohrende und wird durch den mechanischen Impuls beim Anschlag betätigt. Damit wurde es mñglich, auch von außen her im fertig montierten Zustand des Kipprohres zu messen.

Ein weiteres Gerät dient zur Kontrolle der Ausschaltgeschwindigkeit am fertig montierten Schalter. Auch dieses Gerät verfñgt über eine elektronische Meßuhr, die das Ablesen der Zeitspannen; Abreißen des Schaltstiftes im Kipprohr und Abreißen des Kipprohres am Hauptkontakt gestattet. Der Ladevorgang des Meßkondensators beginnt hier bei Kontakttrennung im Kipprohr und endet mit dem Entlasten der Haltefeder. Diese Zeit muß mit gewissen Toleranzen eingehalten werden, damit der Lñschvorgang mit Sicherheit beendet ist, bevor das Kipprohr aus seiner Rastung gelñst wird, wenn die Kontakte stromlos getrennt werden sollen.

Mit dem gleichen Gerät wird auch die Einschaltgeschwindigkeit, die fñr das Einschaltvermñgen maßgebend ist, überprüft. Die Meßeinrichtung lñuft dabei durch Berñhrung eines dem Einschlagkontakt vorgelagerten Kontaktes an und kommt mit dem Einschlagen der Hauptmesser zum Stillstand.

### Das Verhalten bei Lastabschaltungen

Fñr die Arbeitsweise des Lasttrennschalters interessiert besonders, welche Schalthäufigkeiten erreicht werden und welche Leistungsgrenzen fñr die Löscheinrichtung gegeben sind. Der Abbrand der gasabgebenden Teile ist etwa proportional der Lichtbogenarbeit, also dem Produkt Lichtbogendauer mal Ausschalt-Stromstärke. Das kommt dem Verwendungszweck des Schalters sehr entgegen, denn bei kleinen Strñmen ist eine viel grñßere Anzahl von Schaltungen mñglich als bei Nennstrom. So zeigen die Teile der Löscheinrichtung auf Bild 8b mit 20 Ausschaltungen bei



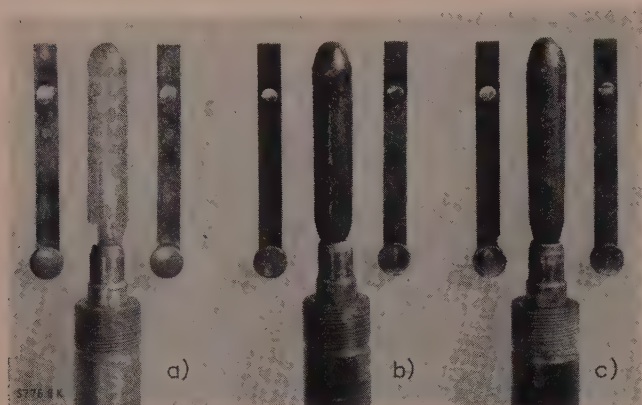


Bild 8. Abbrandteile der Löscheinrichtung.

- a) Abbrandteile der Löscheinrichtung R 10 unbenutzt,  
 b) Abbrandteile der Löscheinrichtung nach 20 Ausschaltungen bei 668 A,  
 c) Abbrandteile der Löscheinrichtung nach 250 Ausschaltungen bei 69 A.

668 A und auf Bild 8 c mit 250 Schaltungen bei 67 A etwa gleichen Abstand.

Beim Vergleich mit den unbenutzten Teilen erkennt man, daß der Abbrand an der Spitze konisch gegen den Abbrandkontakt verläuft. Ebenso brennt das Löschrohr, was hier nicht dargestellt ist, nach dem Ende zu, konisch verlaufend, etwas weiter aus. Damit sich der Abbrand nicht in Form eines Kanals ausbildet, sondern sich im Laufe der Schaltungen um den Umfang verteilt, wurde die Schaltstiftspitze drehbar gelagert.

Die Grenze der Löschfähigkeit ist mit einer größten Spaltweite von 3 mm gegeben. Hier beginnt das Löschen kleiner Ströme unsicher zu werden, während größere Ströme auch noch bei größeren Spaltbreiten gelöscht werden.

An den wolframbewehrten Hilfskontakten sind meist nur geringe Spuren vorhanden. Sie haben daher eine weit größere Lebensdauer als die gasabgebenden Teile. In dem Zustand nach Bild 8 b war übrigens die Grenze der Löschfähigkeit noch nicht erreicht, während bei den Schaltungen mit der kleineren Stromstärke (Bild 8 c) die Lichtbogendauer schon erheblich zunahm, so daß die Löschung bei noch größeren Schaltzahlen unsicher werden dürfte.

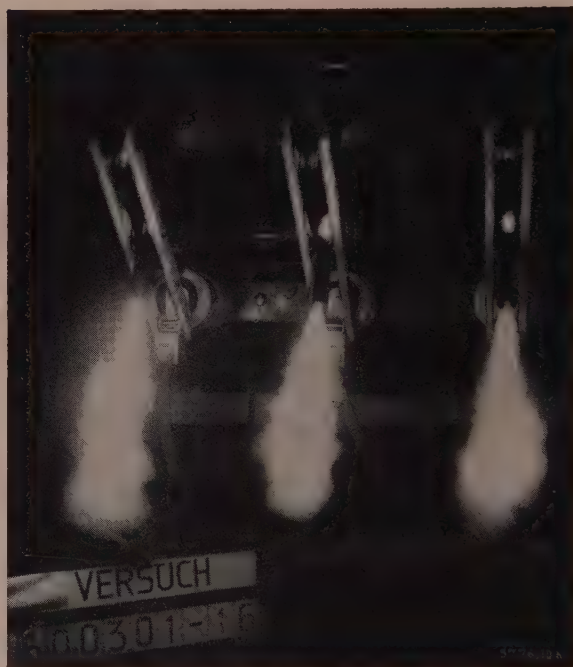
Die obere Grenze der Ausschaltleistung wurde mit 22 MVA bei 10 kV sowie mit 40 MVA bei 35 kV mit der bis-

herigen Anordnung festgestellt. Allerdings tritt beim Lasttrennschalter die Leistungsgrenze gegenüber der Forderung einer hohen Schalzhäufigkeit in den Hintergrund.

Überraschend sind die äußerst kleinen Abmessungen der Löscheinrichtung (Bild 9). Hier kommt jedoch dem Konstrukteur die sehr kurzzeitige Beanspruchung von nur wenigen Millisekunden und für den Grenzausschaltstrom auch die erleichterte Ausschaltbedingung bei  $\cos \varphi = 0,7$  zu Hilfe.

Als sehr unangenehme Begleiterscheinung wird bei Lastabschaltungen mit Hartgas-Lasttrennschaltern oft der starke Gasausstoß empfunden, zumal dieser bei steigender Schaltleistung oft zu einem explosionsartigen Flammenausstoß führt.

Bei den Entwicklungsversuchen mit dem Kipprohr-Lasttrennschalter wurde festgestellt, daß die Schaltgase sich erst dann entzünden, wenn sie sich mit dem Luftsauerstoff ver-

Bild 10. Lastabschaltung 151 A ohne Gaskühlgitter; Belichtung  $\frac{1}{500}$  s.

mischen haben. Versuche, die ohne Gaskühlgitter mit einem Kipprohrschalter durchgeführt wurden (Bild 10), zeigen manchmal deutlich, daß die Gassäule erst 30 bis 40 mm hinter dem Rohrende zu brennen beginnt.

Die Kühlung der Gase und das Abfiltern glühender Partikel mit Hilfe des Gaskühlgitters verhindert dagegen die Entzündung völlig.

Bild 11 zeigt den Erfolg dieser Maßnahme. Hier verläuft die Abschaltung einer Last von 400 A bei 20 kV fast ohne jede Begleiterscheinung. (Die Löschrohre sind schwarz pigmentiert.) Aus dem Oszillogramm (Bild 12) ist zu sehen, wie lange und zu welchem Zeitpunkt der Kameraverschluß geöffnet war. Ausgelöst wurde der Verschluß durch eine Schaltwalze, die zum Steuern des Schalters und des Oszillographen benutzt wurde. Zum Registrieren auf dem Oszillogramm war in dem Verschluß ein Schließkontakt eingebaut. Die Schaltmesser sind infolge der für die schnelle Bewegung etwas langen Verschlußöffnungszeit nur am Drehpunkt zu erkennen. Bei Bild 10 ist die Belichtungszeit und Blickrichtung hierfür günstiger. Da in diesem Fall noch durchscheinende Löschrohre verwendet wurden, sieht man den Lichtbogen in allen drei Phasen aufleuchten.

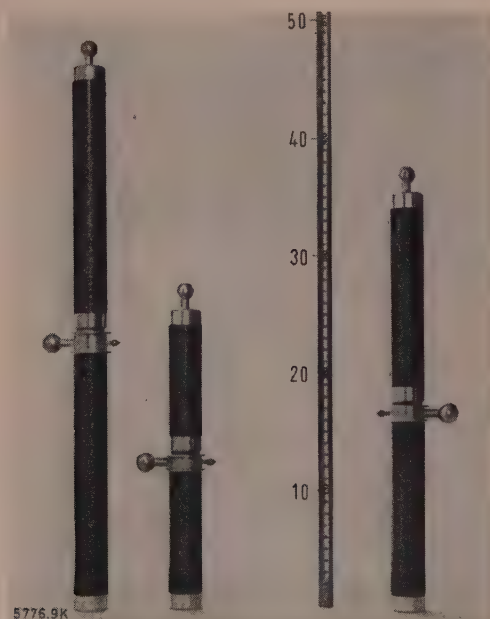


Bild 9. Löscheinrichtung (Kipprohr) R 10—R 30.



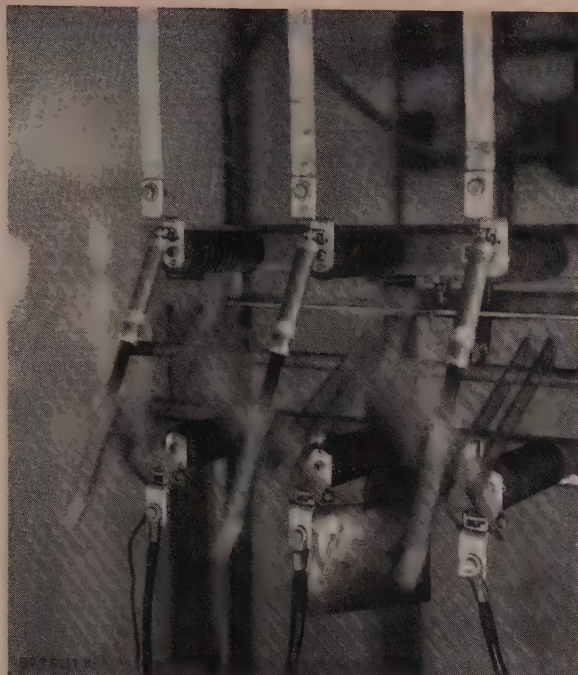


Bild 11. Lastabschaltung mit Gaskühlgitter, 400 A bei 20 kV; Belichtung  $\frac{1}{50}$  s.

### Weiterentwicklung

Das Löschrinzip hat sich für die Spannungen von 10 bis 30 kV recht gut bewährt. Die Löscheinrichtung selbst wurde so konstruiert, daß eine große Anzahl Teile in allen drei Löscheinrichtungen (R 10, R 20 und R 30) verwendet werden können. Die Unterschiede liegen im wesentlichen in den Spannungsabständen, in den Schaltgeschwindigkeiten und den der Leistung entsprechenden Maßnahmen zur Wärmeabfuhr.

Um feststellen zu können, ob die Löscheinrichtung unter Last geschaltet wurde, hat man diese mit einer Kennmarke versehen, die durch Lastschaltungen zerstört wird. Dieses Verfahren läßt sich noch dadurch vervollkommen, daß ein Rückschluß auf die geschaltete Stromstärke möglich wird. Über den der Ausschaltleistung etwa proportionalen Gasausstoß bzw. die dabei auftretende Erwärmung ist dies verhältnismäßig einfach durchzuführen.

Es besteht nach Vorversuchen keine grundsätzliche Schwierigkeit, die Löscheinrichtung auch für noch höhere Ausschaltströme auszugestalten, wobei sich mit den strom-

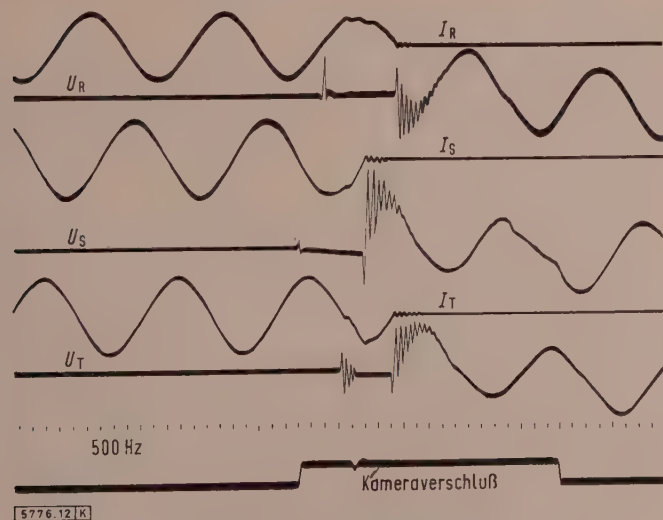


Bild 12. Oszillogramm der Ausschaltung 400 A bei 20 kV im Versuchsfeld Nehren.

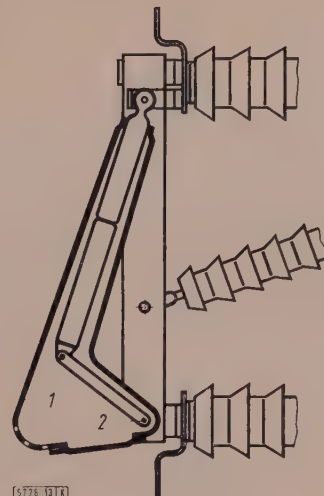


Bild 13. Gekapselte Ausführung für Freiluft.

1 Kunststoffgehäuse, 2 Zwischenwelle

führenden Teilen auch der Durchmesser des Kipprohres vergrößern würde.

Die abgeschlossene handliche Form der Löscheinrichtung ermöglicht auch zahlreiche andere Einbau- und Verwendungsarten. Ohne Schwierigkeiten können z. B. liegende oder hängende Anordnungen sowohl in der Form der Klapp- oder Schubtrenner ausgeführt werden.

Die Verwendung in Freiluft erfordert für die Tropen fast keine grundsätzliche Änderung. Unter Berücksichtigung der Vereisungsgefahr in nördlicheren Breitengraden wird man die Löscheinrichtung noch mit einem geschlossenen Kunststoffgehäuse 1 umgeben (Bild 13), wobei die Ausschaltbewegung über eine Zwischenwelle 2 übertragen werden kann.

Gleich welche Einbauform bevorzugt wird, es wird immer der Wunsch bestehen, die Löscheinrichtung als den aktiven Teil des Schalters gelegentlich untersuchen zu können. Es ist daher als besonderer Vorteil zu werten, daß die Bauweise des Kipprohres diesem Wunsche entgegenkommt.

### Zusammenfassung

Die Verwendung von Lasttrennschaltern hat in den letzten Jahren wesentlich zugenommen. Die Entwicklung führte damit zu kleineren und leistungsfähigeren Löscheinrichtungen. Durch eine neuartige Hartgas-Löscheinrichtung, die wie eine Sicherungspatrone aus dem Schalter herausgenommen werden kann, läßt sich die Revision wesentlich erleichtern und neben einer hohen Schalthäufigkeit unbedingte Sicherheit beim Einschalten auf Kurzschluß erreichen. Besondere Prüfeinrichtungen ermöglichen eine Überwachung der Fertigung derartiger Schalter. Sowohl das Löschrinzip als auch die Auswechselbarkeit bieten noch für weitere Anwendung aussichtsreiche Möglichkeiten.

### Schrifttum

- [1] Buter, J.: Leistungs- und Lasttrennschalter im In- und Ausland. Techn. Ber. Stud. Gesellsch. Höchstspannungsanl. (1958) Nr. 187 S. 5-25.
- [2] Feindt, H.: Einsatzmöglichkeiten und betriebliche Beanspruchungen von Innenraum-Lasttrennschaltern für Mittelspannungsnetze. Elektrizitätswirtsch. Bd. 59 (1960) S. 227-230.
- [3] Hameister, G.: Lasttrennerprüfungen bei der KEMA. Elektrizitätswirtsch. Bd. 57 (1958) S. 544-547.
- [4] Kindler, H.: Lasttrennschalter. AEG-Mitt. Bd. 49 (1959) S. 73-79.
- [5] Petermichel, F.: Flachlöschkammer. Techn. Ber. Stud. Gesellsch. Höchstspannungsanl. (1958) Nr. 187, S. 35-42.
- [6] Schrank, E.: Lasttrennschalter für Mittelspannungsnetze. ETZ-B Bd. 12 (1960) S. 458-462.
- [7] Warrelmann, E.: Derzeitiger Entwicklungsstand von Leistungs- und Lasttrennschaltern für 6 bis 30 kV in Deutschland. Elektrizitätswirtsch. Bd. 54 (1955) S. 94-100.



## KURZ BERICHTET

**Die Achema**, Ausstellungstagung für chemisches Apparatewesen, Frankfurt a. M., hat seit dem Jahre 1950 einen außerordentlichen Aufschwung genommen. Während die Ausstellung ursprünglich in acht Hallen des Messegeländes mit einer Brutto-Ausstellungsfläche von 27 500 m<sup>2</sup> untergebracht war, beanspruchte die diesjährige Achema 24 Hallen mit rd. 73 000 m<sup>2</sup>. Die Zahl der ausstellenden Tagungsteilnehmer hat sich fast verdreifacht, wobei die Zahl der ausländischen Aussteller von 9 im Jahre 1950 auf 276 stieg. r

**Die Sendeminute für Hörrundfunk** kostet bei der bayrischen Rundfunkanstalt durchschnittlich 58,— DM. Beim Fernsehen kostet die Sendeminute rd. 813,— DM. r

**Eine Silikonpaste** mit guter Haftfähigkeit auf festen Oberflächen wird von der Wacker-Chemie hergestellt. Sie eignet sich zum Abdichten elektrischer Geräte sowie als zähes Schmiermittel. Die Durchschlagsfestigkeit beträgt 5 bis 10 kV/cm und die relative Dielektrizitätskonstante 2,7 bei 10 kHz. Rgs

**Ein Atomkraftwerk für 250 bis 300 MW Leistung** plant das RWE zu errichten. Rgs

**Nur 15 · 10<sup>-6</sup>/grd ist der Widerstands-Temperaturkoeffizient neuer Metallwiderstände.** Sie werden für Widerstände von 0,1 Ω bis 2,5 MΩ mit einer Toleranz von 0,1 % hergestellt. Die zulässige Belastung liegt zwischen 0,125 und 2 W bei 125 °C Umgebungstemperatur. Rgs

**Hochvakuum-Drehkondensatoren** in fünf Typen stellt eine englische Firma her. Der Plattenabstand ist nur ein Zehntel so groß wie bei Luftkondensatoren. Geringer Platzbedarf, geringe Strekapazität und Streuinduktivität sind die Vorteile des Vakuum-Kondensators. Rgs

**Etwa 4000 Schulen in Frankreich** besitzen Fernseh-Empfangsgeräte. In England empfangen rd. 25 000 Schulen die Schulfernsehsendungen der BBC. r

**Ein transistorisiertes Fernsehgerät**, das nur 5,7 kg wiegt, bietet eine japanische Firma für den Export an. Das Gerät enthält 25 Transistoren, 10 Halbleiter- und 2 Hochspannungsdioden. Die Bildröhre hat 20 cm Bilddiagonale. Der Empfänger kann entweder an 110 V Wechselstrom oder an eine 12-V-Batterie angeschlossen werden. Rgs

**Germanium geringer Dicke** in Bandform kann eine japanische Firma herstellen. Bei der Herstellung von Germaniumplättchen ergibt sich eine Ersparnis von 50 % gegenüber dem bisherigen Schneiden. Rgs

**Eine Schaltzeit von nur 1 ns** hat eine von der Remington Rand International hergestellte Gedächtniseinheit für Datenverarbeitungsanlagen. Diese Einheit wird als magnetischer Metallfilm, bestehend aus 19 % Fe und 81 % Ni von 0,01 µm Dicke, auf eine Glasplatte niedergeschlagen und tritt an Stelle des üblichen Ferritkernes als die zu magnetisierende Einheit. Rgs

**Glasgekapselte Silizium-Dioden** einer amerikanischen Firma haben nur 1,5 mm Dmr. und sind 1,5 mm lang. Das Siliziumplättchen ist zwischen die aufeinander zulaufenden Zuleitungen gesetzt und mit der Glaskapselmasse umgeben. Diese Dioden sind für Schalter mit einer Schaltgeschwindigkeit von 10 und 100 ns gedacht. Rgs

**Ein leitendes Gießharz** hat eine amerikanische Firma entwickelt. Mit dem Kitt sollen besser leitende Verbindungen hergestellt werden als beim Lötten. Der Kitt härtet bei Raumtemperatur. Rgs

**Ein Schaltzeit-Meßgerät** zum Ausmessen der Schaltzeiten von Transistoren hat eine amerikanische Firma gebaut. Zeiten von 1 bis 500 ns können mit einem Fehler von ± 3 bis 5 % gemessen werden. Der Impulsgenerator erlaubt eine Prüffrequenz bis zu 2 MHz. Die Darstellung des Spannungsverlaufs auf dem Oszillographenschirm ist mit der Impulsfrequenz synchronisiert. Rgs

**Ein Frequenznormal** mit einer Stabilität von 2 zu 10<sup>9</sup>, das bedeutet 1 Sekunde auf 750 Jahre, ist in den USA entwickelt worden. Dabei werden die Atomschwingungen von Rubidium 87 benutzt, indem Rubidiumdampf durch Mikrowellenenergie zum Leuchten gebracht wird. Die genau eingehaltene Pumpfrequenz von 6834 MHz wird in die technisch brauchbaren Frequenzen 5, 1 und 0,1 MHz geteilt. Rgs

**Ein Transistor** wurde in einer Verstärkerschaltung mit Erfolg bis 1 GHz benutzt. Man erreichte hierbei noch einen Verstärkungsgewinn von 14 dB und bei 420 MHz einen solchen von 21 dB. Die hohe Grenzfrequenz soll mit einem Elektrodendurchmesser von 0,04 mm erreicht worden sein. Rgs

**Normale, in der Luftverkehrsüberwachung verwendete Radargeräte**, die mit einem als „Broadband Analog Divider“ bezeichnetem Zusatzgerät ausgerüstet sind, können jetzt auf einen Empfangskanal mehrere Flugzeuge orten. Rgs

**Ein Silizium-Wechselrichter für 50 kVA** ist von der General Electric Co. entwickelt worden. Der Wechselrichter hat außer zwei Kühlgebläsen keine weiteren beweglichen Teile. Die Frequenz läßt sich stufenlos von 5 bis 500 Hz einstellen. Rgs

**Ein Ultraschall-Herstellungsverfahren für Aluminium** wurde von einer amerikanischen Firma entwickelt. Hiernach hergestelltes Aluminium hat eine um 30 % höhere Biegefestigkeit und weniger Fehler als nach üblichen Verfahren hergestelltes Aluminium. Es wird dort verwendet, wo bisher wegen der größeren Festigkeit Stahl oder Messing benutzt wurde. Rgs

**Vier verschiedene Rauschspannungen** können mit einem Gerät, das in den USA entwickelt wurde, an Transistoren gemessen werden. Die Rauschspannungen sind maßgebend für die Angaben über Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit des Transistors. Gemessen wird mit einer mittleren Frequenz von 0,1, 1 und 10 kHz. Rgs

**Ein Präzisions-Phasenmesser** hat eine amerikanische Firma herausgebracht. Der absolute Fehler des Instruments ist 0,1 und der relative 0,01 Grad. Es ermöglicht Phasenvergleichsmessungen im Bereich von 30 Hz bis 20 kHz. Die Anzeige des Phasenbereichs umfaßt 0 bis 360° ohne Mehrdeutigkeit der Anzeige. Rgs

**Ein von einer amerikanischen Firma entwickelter Impuls-generator** kann wahlweise aus einer eigenen Batterie oder aus dem Netz gespeist werden. Die Impulsfrequenz ist in fünf Stufen von 20 Hz bis 2 MHz einstellbar. Die Impulsverzögerung und Impulsbreite ist zu je fünf Stufen von rd. 0,01 bis 10 000 µs einstellbar. Rgs

**Ein „keramoplastischer“ Werkstoff** wurde in den USA entwickelt, der gegen Wärmeeinwirkung bis zu 650 °C unempfindlich ist. Die Wärmeausdehnung entspricht derjenigen vieler Metalle und Legierungen. Er soll für die hermetische Kapselung von Zuleitungsdurchführungen benutzt werden. Rgs

**Ohne Röhren arbeitet ein Mikrowellen-Generator** einer amerikanischen Herstellerfirma, der lediglich Halbleiterdioden mit Frequenz-Vervielfacherschaltung benutzt. Die Generatoren können rd. 4 W bei 75 MHz oder 30 mW bei 6 GHz abgeben; sie können an Stelle von Reflex-Klystrons verwendet werden. l

**Für rund 500 Mio. \$** wurden im Jahre 1960 Halbleiter-Bauelemente in den USA auf den Markt gebracht. KH

**Ein neues Mikrowellen-Richtfunknetz** wird gegenwärtig in den USA mit einem Kostenaufwand von 53 Mio. \$ gebaut. Die neue Richtfunk-Übertragungsstrecke soll den amerikanischen Kontinent überbrücken und wird insgesamt mehr als 260 Relaisstationen haben. KH

**Einen Mikrowellen-Frequenzmesser mit digitaler Anzeige** bietet ein Hersteller in den USA an. Das Gerät hat einen Frequenzbereich von 8,2 GHz bis 26,5 GHz, der in drei Meßbereiche aufgeteilt ist, und arbeitet mit einer Fehlergrenze von 0,1 %. l

**Eine Handbohrmaschine mit eingebauter Batterie** zum Speisen des Motors hat eine amerikanische Firma auf den Markt gebracht. Das Gerät wiegt rd. 2 kg. Die Batterie kann etwa 400-mal aufgeladen werden. Der Hersteller gibt an, daß mit einer Batterie 30 000 Löcher von 10 mm Dmr. in Holz gebohrt werden können. r

**19 Straßenbahnbetriebe** gibt es noch in den USA. Unterplaster-Straßenbahnen gibt es in drei amerikanischen Großstädten. r



# RUNDSCHAU

DK 621.317.2.026.45 : 621.316.5

DK 621.3.066.6 : 620.193.7

**Das neue Hochleistungs-Laboratorium der ASEA in Ludvika.** (The new ASEA high-power laboratory at Ludvika.) Nach Thorén, B.: ASEA-J. Bd. 39 (1960) S. 131–141; 9 B., 1 Taf.

Das im Jahre 1933 mit einer Kurzschlußleistung von 1000 MVA in Betrieb genommene Hochleistungsprüffeld der ASEA bei Ludvika wurde in den letzten Jahren wesentlich erweitert. Im Herbst 1958 wurde dort ein zweiter Kurzschlußgenerator aufgestellt, so daß nunmehr eine Kurzschlußleistung von insgesamt 3500 MVA zur Verfügung steht.

Bei der Ausbauplanung wurde besonderer Wert auf größtmögliche Rationalisierung des Betriebes gelegt. Dies wurde durch gute Verbindungswege inner- und außerhalb des Laboratoriums, durch Verwendung besonderer Montagewagen mit Auswechselvorrichtungen für alle elektrischen Kreise, durch weitgehenden Einbau von ferngesteuerten Trennschaltern, durch die Schaffung von Druckluftleitungsnetzen und Olleitungsnetzen mit zahlreichen Anschlußstellen, durch Entlastung der großen Kurzschlußgeneratoren von Versuchen mit kleinen Leistungen, durch Schaffung einer besonderen Hochstromeinrichtung mit zwei Generatoren von zusammen 80 MVA und weitere Sondereinrichtungen erreicht. Heute können bei größtmöglicher Sicherheit für Personal und Einrichtung mehrere Versuchsreihen gleichzeitig durchgeführt werden. Eisenbahn- und Straßenanschluß sorgen für gute Verbindung mit der Außenwelt, und besondere Entladevorrichtungen ermöglichen die Prüfungen von Geräten jeglicher Größe.

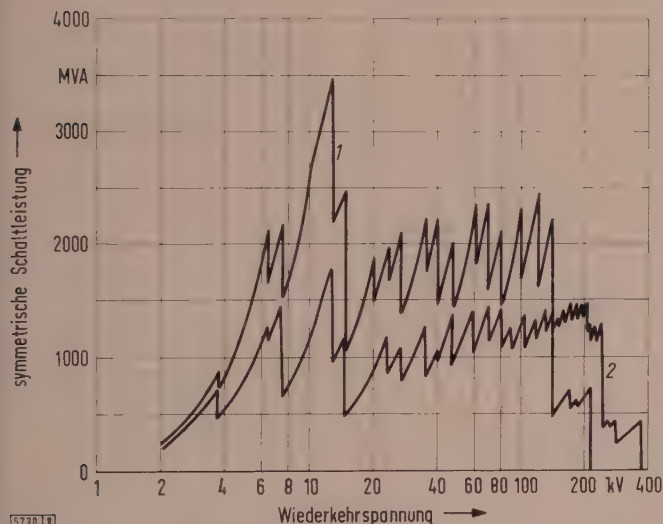


Bild 1. Symmetrische Schaltleistungen des ASEA-Hochleistungsprüffeldes in Abhängigkeit von der Wiederkehrspannung.

1 bei dreipoligen Prüfungen; — 2 bei einpoligen Prüfungen

Die mit der neuen Hochleistungseinrichtung nunmehr erreichbaren symmetrischen Schaltleistungen sind in Bild 1 abhängig von der Wiederkehrspannung aufgetragen. Die besonderen Eigenarten und Einrichtungen der Generatoren, der Erregermaschinen, der Transformatoren, der Vorrichtungen zum Einstellen der Kurzschlußleistung sowie der Form der Wiederkehrspannung und auch die Schalt- und Meßeinrichtungen werden vom Verfasser eingehend besprochen. Besonders zu erwähnen sind die Beschreibungen der Wirkungsweise der „Fliegenden Erregung“, der Einrichtung zum synchronen Schalten (Schaltfehler  $\pm 5$  elektrische Grade bei 50 Hz), sowie eines zentralen Umschalters für die verschiedensten Betriebsweisen im Hauptsteuerpult. Ein Grundrißplan des Hochleistungsprüffeldes und mehrere Lichtbilder der Einzelanlagen vermitteln in Verbindung mit dem Text einen guten Einblick in das Hochleistungsprüffeld und seine Funktionen.

But

**Kontakterosion und Grenzstromwerte ruhender Starkstromkontakte.** Nach Wollenek, A.: Arch. Elektrotechn. Bd. 45 (1960) S. 357–367; 8 B., 1 Taf., 13 Qu.

Eine Verschweißung von Kontakten ist für die Arbeitsfähigkeit eines Schalters, beispielsweise eines Leistungsschalters, und damit für die Sicherheit des Betriebes gefährlich. Sie entsteht, wenn die Berührungsflächen zweier Kontakte unter Stromlast voneinander abgehoben werden (bei prellenden Kontakten), ist aber auch bei ruhenden Kontakten möglich, wenn die Stromdichte in der Berührungsfläche durch einen außerhalb des Schalters auftretenden Kurzschluß stark ansteigt.

Beim Verschweißen ruhender Starkstromkontakte treten Vorgänge auf, die durch die klassische Kontakttheorie nicht hinreichend erfaßt werden. Der Verfasser beschreibt in einem Schmelzperlenmodell die Verhältnisse in der durch Erhitzen veränderten Kontakt-Berührungszone. Dabei werden den kleinen räumlichen Gebilden die Eigenschaften und Wirkungen der Wärmequellen zugeschrieben. Durch die Umgebungsoberflächen dieser aufgeheizten Perlen kann die Wärme entsprechend der Wärmeleistungszahl abfließen. Die Erhitzung an den Stromübergangsstellen wird durch ein ähnliches Gesetz wie das Abschmelzen von Sicherungen wiedergegeben. Es ergibt sich eine auf die Beschreibung der Verschweißneigung abzielende Kontakttheorie, die an die Theorie der Sicherungen anknüpft mit dem wesentlichen Unterschied, daß die große Anzahl parallelgeschalteter, sehr kurzer, hoch erhitzter Leiter vom Kontaktdruck abhängig ist.

Als Ergebnis der experimentellen Untersuchung werden Kennlinien und Grenzstromkurven der verschiedenen Erosionsformen eines ruhenden Punktkontaktes aus Kupfer bei kurzen Belastungszeiten gezeigt. Diese beschreiben beginnendes Auftreten von Kontakthaftung, die in Schweißstellen bis etwa 200 kp Zugfestigkeit übergeht. Durch Einspeisen der Energie bei Wechselstrom ist im Grenzgebiet zwischen Erosionsspur und Verschweißung bei den ersten Halbperioden keine kontinuierliche sondern eine wechselnde Zunahme der Verschweißung zu erwarten, weil infolge des überhandnehmenden Einflusses der Wärmeleitung bei gegen Null gehendem Strom und kurzzeitigem Aufhören der Einspeisung von Energie eine Rekristallisation wirksam werden kann. Bei höheren Stromstärken und längeren Zeiten staut sich die Wärme in der Umgebung der infinitesimalen Stromübergänge, diese werden flüssig und eine Rekristallisation ist während des Stromdurchflusses nicht mehr möglich. Weiterhin sind Grenzstromkurven für beginnende Erosion, beginnende Schweißung, totale Schweißung bei Lichtbogenentwicklung und spontane Verdampfung dargestellt. Die bei verschiedenen Kontaktdrücken und Werkstoffen ermittelten Grenzschweißkurven für Belastungszeiten von 0,01 bis 1,3 s werden gezeigt. Die Art des Entstehens der Verschweißung ist bei kurzen und längeren Einwirkungszeiten verschieden, diese Zeitwerte sind druckabhängig. Bei höheren Stromstärken tritt bei Kupferkontakten bei längeren Einwirkungszeiten ein spontanes Verschmoren und bei kurzen Zeiten ein plötzliches Verdampfen bei einem gewissen druckabhängigen Grenzwert auf.

Hlk

DK 531.787.9

**Die Askania-Höchst-Druck-Stromwaage.** Nach Schnitter, E.: Conti Elektro-Ber. Bd. 6 (1960) S. 215–221; 6 B., 2 Taf.

Das Kompensationsverfahren bietet unter den gebräuchlichen Verfahren für Wirkdruckwandler im Hochdruckbereich besondere Vorzüge. Das Verfahren beruht im Prinzip darauf, daß die durch den Wirkdruck erzeugten Kräfte von einer elektrischen Gegenkraft kompensiert werden. Die verwendeten Membranen oder Wellrohre erfahren praktisch keine Deformation. An einem richtkraftfreien Waagebalken, der einen induktiven Geber und die Schwenkspule eines elektrodynamischen Systems trägt, greift die dem Wirkdruck proportionale Kraft an. Bei Auftreten eines Störmomentes läuft der Waagebalken mit einer dem Moment proportionalen Geschwindigkeit aus der neutralen Lage heraus. Der Verstärker des induktiven Gebers wird angesteuert und gibt einen Gleichstrom an das



elektrodynamische System, das ein Gegenmoment erzeugt. Der Balken kommt zur Ruhe, wenn das Gegenmoment dem Kraftmoment entspricht. Der Strom ist dem Gegenmoment proportional. Die Vorzüge liegen in der Unabhängigkeit des Stromes von anderen Einflußgrößen, in der kleinen Zeitkonstante und in der Möglichkeit für Durchflußmessungen einfach und genau zu radizieren.

Die neue „Stromwaage“ benutzt einen elektronischen Kraftkompensator und beschreitet neue Wege bei dem Herausführen der Meßkraft aus dem unter statischem Druck stehenden Innenraum. Es wird eine Magnetskupplung mit Permanentmagneten verwendet, die auch bei höchsten statischen Drücken keine elastischen Rückstellkräfte zeigt. Das neu entwickelte Differenzdruck-Meßwerk besteht aus 3 getrennten Kammern mit 3 Wellrohren, es ist praktisch temperaturunabhängig, und sein Kraftübertragungssystem steht nicht in Verbindung mit dem zu messenden Medium.

Die gestellten Genauigkeitsforderungen liegen bei 1 % Fehler für 10 bis 100 % Durchfluß und etwa 3 % bei 3 % Durchfluß. Sie werden, wie eine Betrachtung der möglichen Teilfehler und Reihenmessungen ergeben, erheblich unterschritten. Das Gerät ist in gußeiserner Ausführung unter rauen Betriebsverhältnissen verwendbar; es ist, bis auf die Kontrolle des Nullpunktes in langen Zeitabständen wartungsfrei und auch gegen aggressive Medien korrosionsfest. Es wurde besonders für die Verwendung im Kraftwerksbetrieb, der statische Drücke über 150 at fordert, und in der chemischen Industrie, in der noch höhere Drücke angewendet werden, entwickelt.

Hö

DK 621.386.8

**Versuche zur trägheitslosen Messung der Dosisleistung bei handelsüblichen Röntgenapparaten.** Nach Buchmann, F., Höfert, M., u. Röhler, R.: Z. angew. Phys. Bd. 12 (1960) S. 351 bis 353; 6 B., 1 Taf., 4 Qu.

Einer Arbeit von W. Hübner und H. Jahn folgend, wird ein Verfahren der trägheitslosen Dosisleistungsmessung für Röntgenstrahlung von 35 bis 100 kV erfolgreich erprobt. Die Dosisleistungen liegen bei den in der Diagnostik und Therapie üblichen Werten. Die Strahlung erzeugt in einer mit Szintillations-Flüssigkeit gefüllten Kammer sichtbares Licht, dessen Intensität über einen Elektronenvervielfacher und Oszillographen photographisch aufgezeichnet wird. Die für die Auflösung maßgebliche Zeitkonstante betrug  $10^{-4}$  bis  $10^{-6}$  s. Die Dosisproportionalität wurde nachgewiesen. Der Wert dieses Meßverfahrens liegt auf dem Gebiet physikalischer Untersuchungen. Die normale oder durch Störungen bedingte Welligkeit (Fehlerursache) der Strahlung, ferner der Dosisleistungsverlauf bei Kurzschaltzeiten (Studien zur Röntgenphotographie) können beobachtet werden.

Nam

DK 621.382.2 : 546.3-19/681/19

**Galliumarsenid-Tunnel-Dioden.** (Gallium arsenide tunnel diodes.) Nach Holonyak Jr., N., u. Lesk, I. A.: Proc. Inst. Radio Eng. Bd. 48 (1960) S. 1405–1409; 5 B., 21 Qu.

Einige der charakteristischen Eigenschaften intermetallischer Verbindungen, wie sie für Halbleiter-Bauelemente verwendet werden, sind für Tunnel-Dioden vorteilhaft; dies sind z. B. die im Vergleich zu Germanium und Silizium niedrige effektive Masse der Träger und ihre hohe Beweglichkeit. Die niedrige Minoritätsträger-Lebensdauer spielt hingegen bei Tunnel-Dioden keine Rolle. Vor allem GaAs (Galliumarsenid) bietet die Möglichkeit, gute Tunnel-Dioden herzustellen. Sein großer Bandabstand (1,35 bis 1,45 eV) hat auch einen größeren Spannungsbereich in der Strom-Spannungskennlinie als bei Ge und Si zur Folge, was vor allem für viele Anwendungen als Schalter wichtig ist. Der theoretische Abfall des Tunnel-Stromes auf Grund des größeren Bandabstandes wird mehr als ausgeglichen durch die niedrigere effektive Masse ( $GaAs < 0,1 m_e$ ;  $Ge$  und  $Si > 0,1 m_e$ ). Die größeren Trägerlebensdauern vermindern den Serienwiderstand der Diode, und die niedrige relative Dielektrizitätskonstante (11,1) schließlich kommt einer Herabsetzung der Diodenkapazität zugute.

Die Verfasser beschreiben die Herstellung ihrer Tunnel-Dioden aus handelsüblichem GaAs. Polykristallines Ausgangsmaterial von ziemlich mäßiger Qualität läßt sich nach einem unkritischen, einfachen Verfahren zu sehr guten Dioden verarbeiten. Gedopt wurde mit Zink oder Kadmium, so daß ein p-leitender Kristall entstand. Der p-n-Übergang wurde dann mit einer n-leitenden Legierung aus Zinn oder

Blei (gedopt mit Schwefel, Germanium oder Tellur) durch Einlegieren in den p-leitenden Kristall hergestellt. Geätzt und montiert wurde in bekannter Weise.

Die Eigenschaften dieser Tunnel-Dioden sind:

Verhältnis von Spitzenstrom zu Talstrom	$> 15 : 1$
Spannungsbereich	0,9 bis 1,2 V
Stromdichte	$\geq 10\,000\text{ A/cm}^2$
Kapazität C	0,2 pF/mA
g/C (g = Leitwert)	$5 \cdot 10^{10}\text{ s}^{-1}$

In einer Bandleitung montierte GaAs-Tunnel-Dioden erregten Schwingungen von 2 GHz, in Einzelfällen auch bis 4,4 GHz. Vorausgesetzt werden Oszillatorfrequenzen von mehr als 10 GHz. Auch die Temperaturabhängigkeit wurde untersucht; bei 300 °C ist das Verhältnis Spitzenstrom zu Talstrom auf 3 : 1 gesunken.

Ge- und Si-Tunnel-Dioden können durch GaAs-Dioden in den meisten Anwendungen mit Vorteil ersetzt werden. Es ergeben sich auch einige neue Anwendungen wegen des hohen Spitzenstrom zu Talstrom-Verhältnisses, auch in Schaltungskombination mit Ge-Tunneldioden.

teg

DK 551.501.8

**Mikrowellen erkunden unsere Atmosphäre.** Nach Bremmer, H.: Philips' Techn. Rdsch. Bd. 22 (1960/61) S. 125–136; 2 B., 29 Qu.

In der Atmosphärenforschung durch Radiowellen wurden in den letzten Jahren wesentliche Fortschritte erreicht, bedingt durch Anwenden sehr empfindlicher Radarmethoden und durch die Möglichkeit, Funksender bis außerhalb der Ionosphäre zu bringen.

Nach einem Überblick über den Aufbau der Ionosphäre berichtet der Verfasser über die Untersuchungen des Raumes oberhalb ungefähr 400 km Höhe. Es zeigt sich, daß die Elektronendichte oberhalb der F-Schicht sehr allmählich abnimmt, und daß keine weiteren Schichten mit großen Elektronenkonzentrationen mehr vorkommen. Bis in sehr große Höhen ist überall eine minimale Konzentration von ungefähr 500 Elektronen/cm<sup>3</sup> vorhanden. Aus Schwundeffekten eines vom Mond reflektierten Funksignals läßt sich berechnen, daß in einer Säule von 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt innerhalb der 380 000 km langen Strecke Erde–Mond  $20 \cdot 10^{12}$  Elektronen vorhanden sind, so daß die Elektronendichte an keiner Stelle des Raumes unter 400/cm<sup>3</sup> sinken dürfte.

Bei der Untersuchung der Dichte und Temperatur der Atmosphäre in Abhängigkeit von der Höhe hat sich gezeigt, daß die Gasdichte in 100 km Höhe ungefähr eine Million mal kleiner ist als in der Nähe der Erdoberfläche und daß die Luftdichte oberhalb etwa 100 km so langsam abnimmt, das dies notwendigerweise mit einem Temperaturanstieg verbunden sein muß. Dieser Temperaturanstieg ist ganz begreiflich, weil das äußerst dünne atmosphärische Gas schließlich in das sogenannte interplanetarische Gas übergehen muß, das den Raum zwischen den Planeten ausfüllt und eine sehr hohe Temperatur besitzt; in einer Höhe von 20 000 km ist fast ausschließlich Wasserstoff bei einer Temperatur von 1200 °C vorhanden.

Eine in 16 000 km Höhe befindliche Übergangsschicht begrenzt die mit der Erde mitrotierende Atmosphäre; sie bildet gleichzeitig die äußere Zone, in der das erdmagnetische Feld noch eine deutlich stabile Komponente hat.

Ionosphärische Winde in Höhen von 100 km erreichen Geschwindigkeiten von 180 km/h, haben jedoch infolge der geringen Luftdichte kaum Einfluß auf Raketenbahnen. Zum Messen ionosphärischer Winde eignen sich Meteore, die eine durch Radarbeobachtung nachweisbare Spur stark ionisierter Luft zurücklassen und durchschnittlich 1-mal/s auftreten; die Komponente der Windbewegung ergibt sich dabei aus der Frequenzänderung der an den Ionisationsäulen reflektierten Wellen entsprechend dem Dopplerprinzip. Die ionosphärischen Winde können zu einem erheblichen Teil den Gezeitenkräften der Sonne und des Mondes zugeschrieben werden. Im Gegensatz zu der Masse und Abstand entsprechenden überwiegenden Wirksamkeit des Mondes bei ozeanischen Gezeiten spielt bei den atmosphärischen Gezeiten die Sonne die Hauptrolle, da es durch die Temperaturverteilung in den höheren Luftschichten unter den Resonanzperioden der Atmosphäre eine gibt, die eine Dauer von etwa 12 Stunden hat.

Die mit Hilfe von elektrischen Wellen durchgeführte Untersuchung zeigt weitere Möglichkeiten, diese Wellen als Mittel zur Nachrichtenübertragung zu benutzen.

Fri



## AUS DER INDUSTRIE

### Dynamische Auswuchtmaschine

DK 621-755 : 621.313.13.043.3-181.4

Infolge der Automatisierung und Mechanisierung vieler Arbeits- und Produktionsvorgänge ist der Bedarf an Klein- und Kleinstmotoren erheblich gestiegen. Das Auswuchten von Läufern für Kleinstmotoren stellt heute in der Serienfertigung kein Problem mehr dar, weil es genügend Auswuchtmaschinen für jeden besonderen Fall gibt. Schwierigkeiten bereitet dagegen das Auswuchten von Läufern verschiedener Größen in Reparaturwerkstätten, da dort Anker mit allen möglichen Abmessungen und Gewichten vorkommen. Eine dynamische Auswuchtmaschine, die für eine Vielzahl von Läuferabmessungen geeignet ist und für andere Rotationskörper verwendet werden kann, stellt die Firma Rudolf Thonke, Stuttgart-Feuerbach, her (Bild 1).

Diese Auswuchtmaschine arbeitet nach dem Auslaufprinzip, wodurch ein genaues Auswuchten aller Läufer gewährleistet ist. Auch Anker von schnelllaufenden Motoren können geprüft werden, weil zum Messen der Läuferunwucht nicht die Betriebsdrehzahl benötigt wird. Beim Auslaufprinzip ist nicht die spätere Nenndrehzahl des Läufers maßgebend, sondern die beim Auslaufen auftretende kritische Drehzahl, die bei einer vorhandenen, wenn auch noch so kleinen Unwucht ein besonders starkes Schlagen und Schütteln des Läufers verursacht. Gegenüber anderen Auswuchtmaschinen sind wohl die Auswuchtzeiten etwas höher, dafür entfallen aber alle Arten von Vorarbeiten für den Einbau und den Antrieb des Läufers.

Bei dieser Maschinenkonstruktion werden die Wellenenden des auszuwuchtenden Ankers auf aus Kugellagern bestehende Aufnahmen gelegt. Sowohl die Höhe als auch die Länge der rechten Aufnahme sind verstellbar, damit Läufer verschiedenen Wellendurchmessers und verschiedener Länge ausgewuchtet werden können. Die linke Aufnahme übernimmt, neben der Lagerung des Läufers, auch noch die Meßfunktion. Beim Auslaufen des auszuwuchtenden Körpers wird die Wirkung der Unwucht über ein Schwingrahmen auf ein elektrisches Meßsystem übertragen. Ein angeschlossenes Meßgerät zeigt die Größe der Unwucht an.

Der auszuwuchtende Körper wird über ein Reibrad auf eine entsprechende Drehzahl angetrieben. Durch Einschwenken des Reibrades wird der Antriebsmotor selbsttätig eingeschaltet, während beim Ausschwenken der Motor abgeschaltet wird. Die Lage der zu beseitigenden Unwucht wird durch einen am Läufer angebrachten Wuchtkitt in der Weise bestimmt, daß der Kitt nach jedem Einzelauflauf solange versetzt wird, bis das angeschlossene Meßinstrument keinen Ausschlag mehr zeigt. Nachdem die eine Seite so ausgewuchtet ist, wird der Läufer umgedreht und die andere Seite nach dem gleichen Prinzip ausgewuchtet. Ein Probelauf dauert nur einige Sekunden, so daß der gesamte Auswuchtvorgang in wenigen Minuten durchgeführt ist. Neben angelernten Kräften sind auch Lehrlinge nach kurzer Anweisung in der Lage, Drehkörper mit dieser Maschine auszuwuchten.

Mit dieser Maschine können Drehkörper im Gewicht von 0,03 bis 6 kg ausgewuchtet werden. Der Abstand der Lagerstellen ist von 65 bis 325 mm einstellbar für Wellendurchmesser

von 3 bis 50 mm. Die Drehzahl der auszuwuchtenden Körper liegt zwischen 500 und 3000 U/min. Die restliche Unwucht ist höchstens noch so groß, daß sie eine Auslenkung der Läuferachse von weniger als 0,003 mm verursacht, was wesentlich weniger ist als die zugelassene Ausbiegung der Welle von 0,005 mm bei fabrikneuen Motoren. Die Auswuchtmaschine wird an ein 220-V-Netz angeschlossen.

Rgs

### Elektronischer Kompensationsschreiber

DK 621.317.7.083.5.087.61

Zum Aufzeichnen von Meßgeräten werden dann mit Vorteil elektronische Kompensationsschreiber benutzt, wenn der Meßfehler infolge der Belastung des Brückenmeßkreises durch ein Anzeigement zu groß werden würde. Dies ist besonders bei hoch-

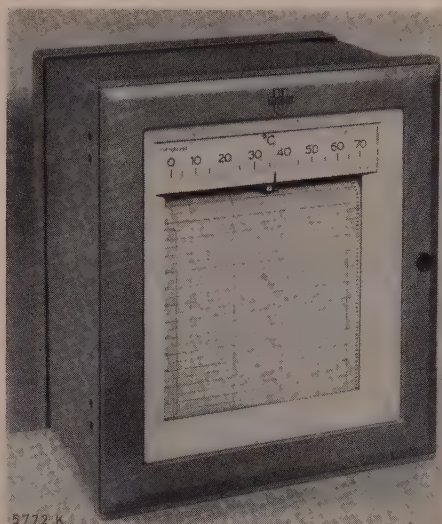


Bild 2. Kompensationsschreiber als Mehrfach-Punktschreiber.

empfindlichen Gleichstrom-Brückenschaltungen der Fall. Mit einem Kompensationsschreiber dagegen können Meßgrößen mit einem kleinen Fehler aufgezeichnet werden, deren Meßwertgeber auf Widerstandsänderung beruhen. So können z.B. Temperaturen mit Widerstandsthermometern, mechanische Spannungen mit Dehnungsmessstreifen aufgezeichnet werden. Derartige Schreiber, die als nachlaufgesteuerte Geräte mit einem von einem Motor angetriebenen Potentiometer arbeiten, werden von der *Ultrakust-Europa-Vertriebs-GmbH*, München 2, entweder als Punktschreiber für mehrere Meßstellen (Bild 2) oder als Linienschreiber für eine Meßstelle geliefert.

Bei diesen Geräten wird der abhängige Meßfühlerwiderstand dann dem einen Brückenwiderstand zugeschaltet, wenn der Widerstands-Temperaturkoeffizient des Gebers positiv ist, oder dem anderen, wenn der Widerstands-Temperaturkoeffizient des Gebers negativ ist. In beiden Fällen kann man die Zweileiter- oder Dreileiter-Schaltung anwenden. Bei Änderungen des Meßgeberwiderstandes entsteht an der Brückendiagonale eine Gleichspannung, die in eine Wechselspannung hoher Frequenz umgeformt und verstärkt wird. Ein Modulationsglied formt diese in eine 50-Hz-Steuerungsspannung um. Nach weiterer Verstärkung wird sie einem Servomotor zugeführt, der sich, je nach Phasenlage der Steuerungsspannung, rechts oder links herum dreht. Dabei wird ein Potentiometerabgriff so lange verstellt, bis die Brückendiagonalspannung wieder Null geworden ist. An einem damit mechanisch gekuppelten Zeiger kann man jederzeit den Meßwert an einer Skala ablesen.

Beim Punktdrucker ist mit dem Zeiger fest verbunden der Druckkopf, der in bestimmten einstellbaren Zeitabschnitten die Meßwerte auf einen 250 mm breiten Registrierstreifen druckt. Die einzelnen Werte werden durch 6 verschiedene Farben und zwei verschiedene Symbole gekennzeichnet, so daß bis zu 12 Meßstellen registriert werden können.

Die Anzeige- und Schreibvorrichtung sowie die Verstärker, das Netzgerät und der Servomotor sind auf einem Einschub montiert. Die Einrichtung für den Papiervorschub mit Wechselgetriebe, der Meßstellen-Umschalter und der Antrieb für das Druckwerk befinden sich in einem leicht herausnehmbaren Rahmen. Die Kompensationsschreiber können mit verstellbaren Grenzkontakten ausgerüstet werden.

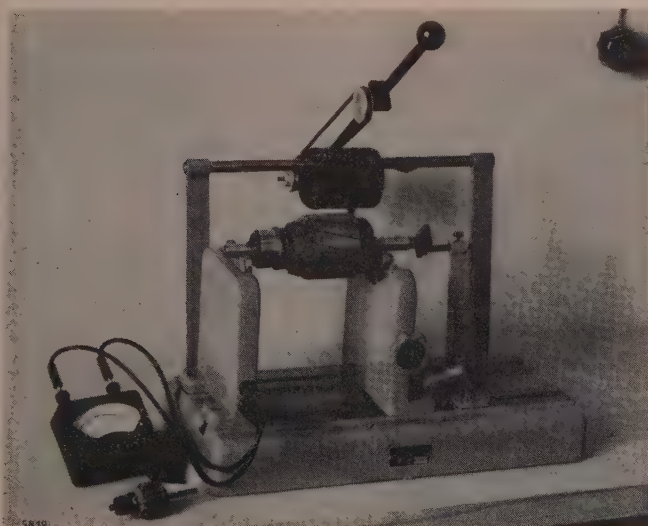


Bild 1. Dynamische Auswuchtmaschine für kleine Drehkörper.



Der Meßbereich beträgt z.B. bei einem 100- $\Omega$ -Platin- oder Nickel-Widerstandsthermometer mindestens 10 grd und höchstens 800 grd. Die Einstellzeit über die ganze Schreibbreite von 250 mm beträgt 2 s und die Zeit zwischen zwei Druckvorgängen 4 s. Die Papiergeschwindigkeiten sind zwischen 20 und 1280 mm/h in mehreren Stufen umschaltbar.

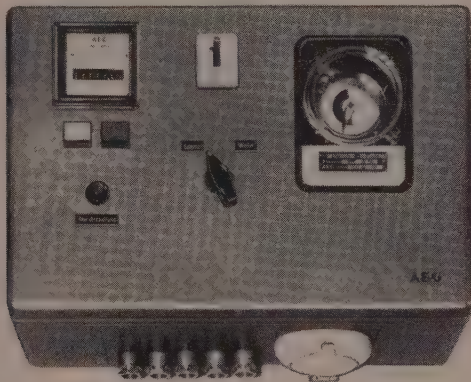
Rgs

## Neue Steuertafeln für Ölfeuerungsanlagen

DK 662.941.5-523

Moderne automatisch betriebene Ölfeuerungsanlagen erfordern elektrische Einrichtungen, mit denen ein gefahrloser, störungs- und wartungsfreier Betrieb gewährleistet wird. Der bei Ölbrennern mit Druckzerstäubung zum Antrieb der Ölpumpe und des Gebläses und zum Erzeugen des erforderlichen Zerstäubungsdruckes dienende Motor, der Zündtransformator und das Magnetventil werden hierbei durch die in Steuergeräten zusammengefaßten Schütze, Relais und Zeitglieder geschaltet.

Da das Bedienen einer Ölfeuerungsanlage wesentlich vereinfacht wird, wenn die Steuer-, Überwachungs- und Zeitgeräte an einer hierfür geeigneten Stelle übersichtlich zusammengefaßt untergebracht sind, wurde von der AEG eine Steuertafel zum Anschluß an Wechselspannung neu entwickelt, in der die erforderlichen Geräte und Bauteile fertig verdrahtet enthalten sind. Diese Steuertafel wird in drei Ausführungen hergestellt. In der Grundauführung sind das Steuergerät, der Elfa-Automat, zwei Meldelampen, Entstörknopf und Winter/Sommerschalter eingebaut. Eine andere Ausführung enthält zusätzlich einen elektrischen Zeitzähler und noch eine Schaltuhr für Tag/Nacht-Betrieb (Bild 3). Hierbei dient



5765 K

Bild 3. Steuertafel für Ölfeuerungsanlagen.

der Schaltautomat als Sicherung und Schalter. Die Meldelampen zeigen die Betriebsbereitschaft oder Störungsfälle an; der Entstörknopf muß nach Beseitigung einer Störung betätigt werden, bevor die Anlage wieder in Betrieb genommen werden kann. Der zusätzlich vorgesehene Zeitzähler registriert die Betriebsstunden des Brennermotors und ermöglicht dadurch eine einfache Kontrolle des Ölverbrauches, während die Schaltuhr die selbsttätige Umschaltung der Anlage auf eine niedrigere Raumtemperatur während der Nachtstunden (Nachtabsenkung) und eine selbsttätige Rückschaltung auf Tagestemperatur übernimmt.

Bu

## Drehzahlwächter

DK 621.316.718.004.58

Drehzahlwächter sollen Drehbewegungen nach Geschwindigkeit und Richtung überwachen und den Antrieb beim Überschreiten der eingestellten Drehzahl abschalten. Ihre Wirkungsweise geht aus Bild 4 hervor. Auf der Antriebswelle 1 sitzt ein Dauermagnet 2, der einen zweiten in Silikonöl laufenden Magneten 3 mitnimmt. Dieser läuft in einem Pendelgehäuse 4 um, das mit einem Schaltstift 5 versehen ist, der die Stromzufuhr öffnet oder schließt. Seine Bewegung entsteht durch die Drehung des Magneten in Silikonöl und wird größer, je höher die Drehzahl und die Viskosität des Öles sind. Das Magnet-Pendelgehäuse 4 folgt dieser Drehbewegung, soweit es die Einstellung zuläßt. Ein gleichbleibendes Drehmoment wird erreicht, indem für hohe Drehzahlen ein dünnflüssiges und für niedrige Drehzahlen ein dickflüssiges Silikonöl verwendet wird. Durch Ändern der Viskosität der Bremsflüssigkeit lassen sich also die Drehzahlwächter den verschiedenen Drehzahlbereichen anpassen.

Für die verschiedenen Drehzahlen wurden von der Firma Kiepe, Düsseldorf-Reisholz, unterschiedliche Drehzahlwächter mit stufen-

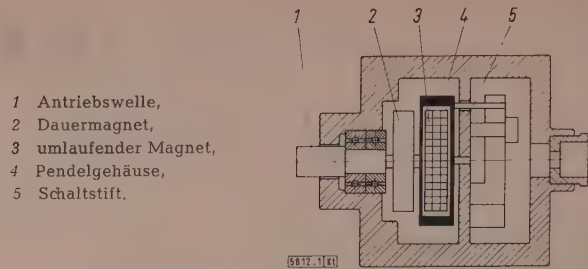


Bild 4. Aufbau des Drehzahlwächters.

weisen Drehzahlbereichen von 5 bis 5000 U/min entwickelt. Die Viskositäten der Silikonöle sind im Bereich von  $-40$  bis  $+80$  °C konstant. Der Schalterpunkt, also die Drehzahl, bei der der Schaltkontakt bestätigt wird, läßt sich bei jedem Drehzahlwächter leicht mit einer Toleranz von  $\pm 2\%$  einstellen. Da die Wirkungsweise nicht auf der Fliehkraft beruht, ist der Drehzahlwächter lageunabhängig und schaltet die Maschine bei der eingestellten Drehzahl mit Sicherheit ab.

Im Gegensatz zu der gewöhnlichen Bauart mit starrer Verbindung von Antriebsmagnet und Antriebswelle werden auch Drehzahlwächter mit einer Rutschkupplung gebaut, die verzögernd schaltet und für Sonderfälle verwendet wird. Außer der gewöhnlichen Bauart mit stoßfestem Preßstoffgehäuse werden auch Drehzahlwächter mit Gußgehäuse und Schutzart P 44 oder mit Zwischenflansch gebaut. Bewährt haben sich die Drehzahlwächter bei vielen Förderanlagen.

ts

## Wandkühlschrank-Kombination

DK 621.565.92.012

Während die Kühlschränke für den Hausgebrauch fast ausschließlich als Tisch- oder Schrankmodell gebaut werden, stellt die Firma Hans Liebherr, Biberach/Riss, neuerdings auch Wandkühlschränke her, die mit Küchenmöbel kombiniert werden können. Das bedeutet, daß diese Wandkühlschränke auf andere Küchenmöbel, möglichst mit der gleichen Grundfläche, gestellt werden können, so daß sie mit dem Küchenmöbel-Unterteil und gegebenenfalls -Oberteil eine Einheit bilden. Dadurch stehen diese Kühlschränke so hoch, daß sich die Hausfrau nicht mehr zu bücken braucht, wenn sie dem Kühlschrank etwas entnehmen will, wie es bei der sonst üblichen auf dem Fußboden stehenden Ausführung üblich ist.

Ferner gibt es vom gleichen Hersteller neue Wandkühlschrank-Kombinationen, die aus zwei Wandkühlschränken von je 105 l Inhalt bestehen. Da diese Kühlschränke auch getrennt voneinander je einen geschlossenen Kühlschrank ergeben, braucht die Hausfrau zuerst nur einen Kühlschrank zu kaufen. Mit Zunahme des Kühlraumbedarfs, der durch Familienvergrößerung oder höhere Ansprüche bedingt ist, kann der gleiche Kühlschrank mit spiegelbildlich angeschlagener Tür erworben und zu der in Bild 5 gezeigten Kombination zusammengesetzt werden.

Der Kühlschranktyp KW 105 ist mit einer Dreizonenkühlung ausgestattet. Zone 1 ist als Gefrierfach für Temperaturen von  $-6$  bis  $-15$  °C ausgebildet. In Zone 2, dem Fleischfach, herrscht eine Temperatur von  $+1$  °C und in Zone 3, dem Hauptkühlfach, ist die Temperatur  $+6$  °C für Getränke und sonstige Lebensmittel.

Rgs

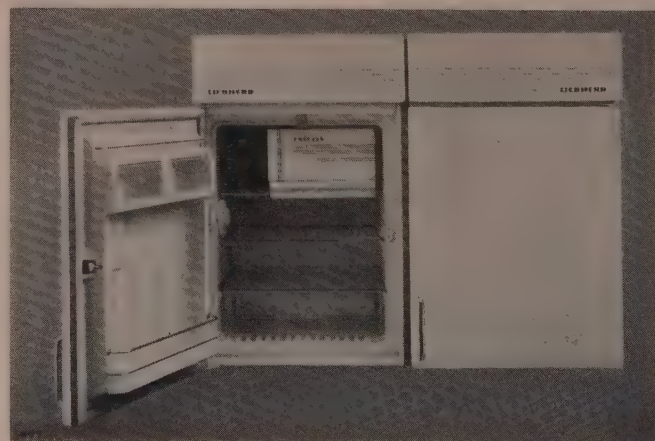


Bild 5. Wandkühlschrank-Kombination KW 105, bestehend aus zwei Wandkühlschränken mit je 105 l Inhalt.



## VERBANDSNACHRICHTEN

## VDE

## Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21  
 Fernruf: 60 341; Fernschreiber (Telex): 04-12 871;  
 Telegramm-Kurzanschrift: Elektrobund;  
 Postscheckkonto: Frankfurt a. M. 388 68.

### Inkraftsetzung der Änderung VDE 0872 Teil 1 a/7. 61 der „Regeln für die zulässigen Grenzwerte der von Empfängern ausgehenden Funkstörungen“

Der gegen den in ETZ-B Bd. 11 (1959) S. 495 angekündigten Entwurf der Änderung a von VDE 0872 Teil 1 eingegangene Einspruch wurde von der VDE-Kommission „Funk-Entstörung von Ton- und Fernseh-Rundfunk-Empfangsanlagen“ inzwischen berücksichtigt.

Die so entstandene Schlußfassung hat der Vorstand des VDE im Mai 1961 genehmigt und zum 1. Juli 1961 in Kraft gesetzt.

Einzeldrucke der Änderung können unter der Bezeichnung VDE 0872 Teil 1 a/7. 61 vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von 0,20 DM bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
 Der Generalsekretär  
 Lauster

### Entwurf 2 zu VDE 0107/... 61 „Bestimmungen für die Errichtung, Ausrüstung und Instandhaltung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel in medizinisch genutzten Räumen“

Zu dem Entwurf VDE 0107/...58, bekanntgegeben in ETZ-B Bd. 10 (1958) S. 319, sind Einsprüche eingegangen, die eine weitgehende Umgestaltung und Änderung erforderlich machten. Aus diesem Grunde hat die VDE-Kommission 0750 unter Vorsitz von Dipl.-Ing. H. Graf beschlossen, einen 2. Entwurf herauszugeben.\*

Der Entwurf kann unter der Bezeichnung VDE 0107/...61, Entwurf 2, vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von 1,20 DM bezogen werden.

Einsprüche gegen den Entwurf können bis zum 31. August 1961 der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Stresemannallee 21, eingereicht werden (doppelte Ausfertigung erbeten).

Der Kommissionsvorsitzende VDE-Vorschriftenstelle  
 Graf Weise

\* Es ist beabsichtigt, diesen Entwurf noch in diesem Jahr in Kraft zu setzen.

### Einspruchsfristen zu Entwürfen von VDE-Bestimmungen

VDE 0113/...61 (Entwurf 2) Elektrische Ausrüstung von Bearbeitungs- und Verarbeitungsmaschinen,

VDE 0814/...61 Schnüre für Fernmeldeanlagen, angekündigt in ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 10, S. 288, Einspruchsfrist bis 15. Juli 1961.

VDE 0664 Leitsätze für Fehlerstrom-Schutzschalter bis 500 V Wechselspannung und bis 63 A, angekündigt in ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 8/9, S. 261, Einspruchsfrist bis 15. Juli 1961.

## BEKANNTMACHUNG

### Vortragstagung der Arbeitsgemeinschaft Ferromagnetismus

Die Arbeitsgemeinschaft Ferromagnetismus, Gemeinschaftsausschuß

des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde e. V. und des Verbandes Deutscher Physikalischer Gesellschaften e. V.

veranstaltet ihre Vortragstagung 1961 vom 27. bis 29. September in Marburg.

Anmeldungen von Vorträgen über theoretische und experimentelle Arbeiten auf dem Gebiet des Ferromagnetismus, über magnetische Werkstoffe und deren Anwendungen sind mit Angabe des Themas und einer kurzen Inhaltsübersicht an die Geschäftsstelle Köln-Marienburg, Alteburger Str. 402, zu richten.

## VDE-ZEICHEN-GENEHMIGUNGEN

71. Nachtrag zur Buchzusammenstellung nach dem Stande vom 1. 11. 1955  
 mit Sammelnachtrag nach dem Stande vom 1. 1. 1957

## Neu erteilte Genehmigungen

## Installationsmaterial



## Sicherungszubehör

Richard Demmler's Wwe., Blechhammer/Thüringen  
 D-Schraubkappen E 27, 25 A 500 V, aus Porzellan — Typ: 937.

## Fassungen für Leuchtstofflampen

Bender & Wirth, Kierspe

Leuchtstofflampenfassung 2 A 250 V; Doppelfassung, als Einbauszubehör, in wasserdichter Ausführung, Schutzklasse II (schutzisoliert), aus Formstoff Typ 131 — Typ: 6732.

Leuchtstofflampenfassung 2 A 250 V; Einbaufassung ohne oder mit Starterfassung, in wasserdichter Ausführung, Schutzklasse II (schutzisoliert), aus Formstoff Typ 131 — Typ: 6720.

Brökelmann, Jaeger & Busse KG, Neheim-Hüsten

Starterfassung 2 A 250 V; als Einbauszubehör in abgedeckter Ausführung, aus Formstoff Typ 131 — Typ: 26.55.

Siemens-Electrogeräte AG, München

Leuchtstofflampenfassung 2 A 250 V, wie bereits genehmigte Typen LZ 606 und LZ 610; jetzt auch ohne Starterfassung zur speziellen Verwendung in Siemens-Longfieldleuchten — Typ: LZ 611.

## Verbindungsmaterial

Lange & Co, Lüdenscheid

Abzweigdosen 380 V, mit Abdeckung, wie bereits genehmigter Typ 101; jetzt auch mit eingebauter Klemmleiste 3 x 2,5 qmm aus Formstoff Typ 31 — Typ: 101 K.

## Stecker

Gebr. Berker, Schalksmühle

Stecker 10 A 250 V/15 A 250 V~, zweipolig mit Schutzkontakt, nach DIN 49 441; aus Formstoff Typ 31 oder 131, axiale Leitungseinführung — Typen: 15 kDSt 2 b, —w.

Desco-Werk Seger & Angermeyer KG, Ittersbach b. Karlsruhe

Stecker 10 A 250 V/15 A 250 V~, zweipolig mit Schutzkontakt, nach DIN 49 441, wie bereits genehmigter Typ 1312; jetzt auch aus Formstoff Typ 131 — Typ: 1312 w.

## Gerätesteckdosen

Metalluk Johann Cawe, Bamberg

Warmgerätesteckdosen 10 A 250 V, zweipolig mit Schutzkontakt, nach DIN 49 441; Vorderteil aus Steatit, Griffteil aus Formstoff Typ 31, mit PVC-Tülle als Leitungseinführungsschutz — Typ: 1235.

## Installationsschalter

Paul Hochköpper & Co, Lüdenscheid

Schalter 10 A 250 V~, einpolige Aus-, Serien-, Wechsel- und Kreuzschalter und zweipolige Ausschalter, wie bereits genehmigte Typen 101 (105, 106, 107, 102) ...; jetzt auch in Gehäusen Schutzart B für Aufputzverlegung mit zwei gegenüberliegenden Leitungseinführungsschutz mit Stopfbuchsverschraubung PG 16 oder PVC-Würgennippeln — Typen: 101 ... WA II b, —WA II w.

## Geräteschalter (Einbauschalter)

J. & J. Marquardt, Rietheim

Der für den Nennbereich 10 A 250 V bereits genehmigte Geräteeinbauschalter Typ 87 A I ist jetzt auch für den Nennbereich 6 A 250 V genehmigt — Typ: wie vor.

Der für den Nennbereich 6 A 250 V bereits genehmigte Geräteeinbauschalter Typ 72 A I ist jetzt auch für den Nennbereich 4 A 250 V genehmigt — Typ: wie vor.

## Geräte



## Leuchten (ortsfest)

Hugo Honsel GmbH, Neheim-Hüsten

Deckenkronen 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit beliebig vielen Fassungen E 14, maximale Bestückung je 40 W; Aufhängung an kurzem Rohr, Fassungen an verschiedenen geformten Armen am Mittelkörper befestigt — Typen: 203 022, 205 009, 205 018, 205 019, 205 023, 206 011, 206 020, 206 030, 208 021, 208 088, 208 089.

Rohrpendelkronen 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), Aufhängung an Pendelrohr, sonstiger Aufbau bei geringfügigen konstruktiven Varianten wie vor — Typen: 99 428, 99 429, 99 520, 99 521, 103 043, 103 066, 103 068, 105 044, 105 067, 105 069, 105 072, 106 011, 106 021, 106 054, 106 061, 106 067, 106 078, 106 080, 106 082, 106 088, 106 089, 107 001, 107 002, 107 073, 108 012, 108 022, 108 058, 108 062, 108 069, 108 069 a, 108 071, 108 079, 108 081, 108 083, 108 090, 108 091, 110 013, 112 023.

Flämische Kronen 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit beliebig vielen Kerzenschaftfassungen E 14, maximale Bestückung je 40 W, sonstiger Aufbau wie vor — Typen: 105 020, 105 031, 106 025, 106 026, 108 020, 108 024, 108 077, 110 019.



Wandleuchten 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit einem oder mehreren Armen mit Metallfassungen E 14, maximal 40 W je Fassung, mit Zugschalter; zur festen Montage an der Wand — Typen: 301 003, 301 004, 301 005, 301 007, 301 016, 301 036, 301 037, 301 039, 301 041, 301 048, 302 006, 302 017, 332 019, 302 038, 302 040, 302 042, 302 043, 302 046, 302 047, 302 049, 303 018, 303 033.

Wandleuchten wie vor, jedoch ohne Zugschalter — Typen: 301 010, 301 011, 301 055, 302 012, 302 024, 302 057.

**Ferdinand Linneborn, Sundern/Sauerland**

Deckenkronen 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß); mit beliebig vielen Fassungen E 14, maximale Bestückung je 40 W, Aufhängung an kurzem Rohr, Fassungen an verschieden geformten Armen am Mittelkörper befestigt — Typen: 36 265, 36 266, 36 267, 36 270, 36 271, 36 272, 36 273.

Rohrpendelkronen 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), Aufhängung an Pendelrohr, sonstiger Aufbau bei geringfügigen konstruktiven Varianten wie vor — Typen: 33 454, 33 455, 33 456, 33 457, 33 457 A, 33 460, 33 461, 33 463, 33 465, 33 467, 33 468, 33 469, 33 470, 33 471, 33 472, 33 473, 33 474, 33 475, 33 476, 33 477, 33 478, 33 481, 33 482, 33 483, 33 484, 33 485, 33 486, 33 487, 33 488.

Schnurpendelleuchten 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit einer Metallfassung E 27, 60 W, Aufhängung an der Anschlußleitung Typ NYMHY (PR) — Typen: 38 561 A, 38 580.

Flämische Kronen 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit beliebig vielen Kerzenschaftfassungen E 14, maximal je 40 W, sonstiger Aufbau wie bei obigen Rohrpendelkronen — Typen: 19 034, 39 033, 39 034, 39 035, 39 036, 39 037, 39 038, 39 039.

Wandleuchten 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit einem oder mehreren Armen mit Metallfassungen E 14, maximal 40 W je Fassung, mit Zugschalter; zur festen Montage an der Wand — Typen: 30 393/1, 30 394/2, 30 398/2, 30 399/2, 30 402/1, 30 404/1, 30 395/1, 30 396/1, 30 397/2, 30 400/1, 30 401/1, 30 403/2.

**G. Schanzenbach & Co GmbH, Frankfurt am Main**

Unterwasserleuchte 250 V, zur Bestückung mit einer Leuchtstofflampe 20 oder 40 W; druckwasserdichtes Plexiglasrohr mit Stopfbuchsenverschraubung, Schutzklasse II (schutzisoliert) — Typen: 40-369-1, 40-469-1.

#### Leuchten (ortsveränderlich)

**Egon Hillebrand, Neheim-Hüsten**

Tischleuchten 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit einer Metallfassung E 27, maximale Bestückung je 60 W, mit Zugschalter (in der Fassung), feste Anschlußleitung NYLHY (PR)  $3 \times 0,75$  qmm und Schutzkontaktstecker — Typen: 71 162 F, 71 282 E, 72 232, 72 482. Tischleuchten wie vor, jedoch mit separatem Zugschalter — Typen: 72 801 A, 72 501, 72 501 A, 72 411, 72 411 A, 72 181, 72 411 B, 72 181 C, 72 842.

Tischleuchten wie vor, jedoch mit Druckschalter im Fuß — Typen: 72 861, 72 721, A 72 661, 72 831, 72 341, 72 781, B 71 111, B 72 631, B 72 741, A 72 511.

Tischleuchten 250 V, wie obige Typen 71 162 F... jedoch mit Metallfassung E 14, maximale Bestückung 40 W — Typen: 72 491, 72 491 A, 72 391, 72 391 A, 72 361 A, 72 881, 72 881 A, 72 891, 72 901, 72 901 A, 72 391 B, 62 001, A 62 001, C 62 001 B, 62 121, 62 131, C 62 601 A.

Tischleuchten wie Typen 72 861... jedoch mit Fassungen E 14, 40 W — Typen: 62 171, A 62 171, 62 141, A 62 141, B 62 141, 62 051, A 62 051, B 62 051.

**Hugo Honsel GmbH, Neheim-Hüsten**

Tischleuchten 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit zwei Metallfassungen E 27, maximale Bestückung je 60 W, mit Zugschalter (an den Fassungen), feste Anschlußleitung NYLHY (PR)  $3 \times 0,75$  qmm mit Schutzkontaktstecker — Typ: 502 020.

Tischleuchte wie vor, jedoch mit nur einer Zugschalterfassung E 27 — Typen: 501 004, 501 015, 501 026, 501 027, 501 028 (wahlweise auch mit Schnurzwischenschalter).

Tischleuchten wie vor, jedoch mit Metallfassungen E 14, maximal je 40 W — Typen: 501 011, 501 012, 501 013, 501 014.

**Ferdinand Linneborn, Sundern/Sauerland**

Tischleuchten 250 V, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), mit einer Metallfassung E 14, maximal 40 W, mit Druckschalter im Fuß, feste Anschlußleitung NYLHY (PR)  $3 \times 0,75$  qmm mit Schutzkontaktstecker — Typen: 31 101, 31 102, 31 103, 31 104, 31 105, 31 106.

#### Raumheizgeräte

**Hindrichs-Auffermann AG, Wuppertal-Barmen**

Raumheizgerät 220 V, 1000 W, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), Stahlblechgehäuse mit Heizwendel in Quarzrohr mit Leichtmetallreflektor; in den Ausführungen: abgedeckt, zum Aufstellen oder Aufhängen in horizontaler Lage, mit fester Anschlußleitung Typ NYMHY (PR)  $3 \times 0,75$  qmm und Schutzkontaktstecker, mit Geräteeinbauschalter — Typ: RS 1000; abgedeckt, für feste Montage in horizontaler Lage, für festen Anschluß mit Zugschalter — Typ: W 1000; wasserdicht, für feste Montage in horizontaler oder vertikaler Lage, mit Anschlußleitung NYLHY (PR)  $3 \times 0,75$  qmm mit Schutzkontaktstecker und Zugschalter — Typ: FR 1000.

#### Bratröster

**Rowenta Metallwarenfabrik GmbH, Offenbach**

Bratröster 220 V~, 1000 W, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß), Gehäuse aus verchromtem Messingblech; mit einstellbarem Bi-Metall-Schaltwerk, fester Anschlußleitung NSA  $3 \times 0,75$  qmm und Schutzkontaktstecker — Typ: E 5218.

#### Temperaturregler und dergleichen

**Siemens-Electrogeräte AG, München**

Temperaturwählregler 220 V~, 18,5 A, einpoliger Ausschalter, Bi-Metall-Streifen mit Schnappkontakt, Einstellbereich  $+10 \dots +85^\circ\text{C}$ , maximale Verwendungstemperatur  $+85^\circ\text{C}$  — Typ: NHF T 301.

#### Geräte zur Wäschebehandlung

**Alaska-Werk Dieter Schildbach KG, Bergneustadt/Rhld.**

Haushaltswaschmaschine 220 V, 330 + 2300 W, Stahlblechgehäuse üblicher Bauart, Schutzklasse I (Schutzleiteranschluß); Arbeitsprinzip: Bewegervaschmaschine; mit Geräteeinbauschalter, Signallampe E 14, fester Anschlußleitung NMH  $3 \times 0,75$  qmm und Schutzkontaktstecker — Typ: B 4.

**Hoover GmbH, Düsseldorf**

Haushaltswaschmaschine wie bereits genehmigter Typ 3174, jetzt mit Thermostatzeitschalter — Typ: 3334.

**Miele & Cie, Gütersloh**

Wäscheschleuder wie bereits genehmigter Typ HWZ 202, jetzt mit fester Anschlußleitung NYMHY (PR)  $3 \times 0,75$  qmm — Typ: wie vor.

#### Elektrozaugeräte mit Batteriebetrieb

**Horizont-Gerätewerk, Korbach/Waldeck**

Elektrozaugerät wie bereits genehmigter Typ Ultra-Automatic S—T, jetzt in geringfügig geänderten konstruktivem Aufbau und geänderter Umschaltvorrichtung genehmigt als Typen: Ultra-Automatik S I—T, —S I—TD.

#### Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen — Drosselspulen

**Siemens-Electrogeräte AG, München**

Drosselspulen für Leuchtstofflampen 220 V, 20 W, 0,390 A, 50 Hz, offene Ausführung, mit einer zweipoligen Anschlußklemme, zur Montage mit Gummipuffern — Typ: LZ 2010.

#### Gestrichene Genehmigungen

Die hierunter aufgeführten Streichungen von Zeichengenehmigungen verstehen sich — soweit nicht im Einzelfall ausdrücklich etwas anderes angegeben ist — auf Genehmigungsausweise, die wegen Einstellung der Fertigung der bisher genehmigten Artikel oder wegen Übergang auf abgeänderte und inzwischen neu genehmigte Bauarten ungültig geworden sind.

#### Installationsmaterial

##### Leitungsschutzschalter

**Rudolf Bogenschütz, Frankfurt am Main/Höchst**

Leitungsschutzschalter 10 A 250 V/380 V~, Schaltleistungsgruppe II — Typ: LSt 10 sind gestrichen.

##### Stecker

**Leopold Kostal, Lüdenscheid**

Stecker 6 A 250 V oder 10 A 250 V, zweipolig ohne Schutzkontakt, nach DIN 49 401 — Typen: 4701..., 4705..., 4705 n..., 4708... und 4755... sind gestrichen.

**Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen**

Stecker 6 A 250 V, zweipolig ohne Schutzkontakt, nach DIN 49 401, mit NLH  $2 \times 0,75$  qmm (Weichgummistecker) — Typ: FLG sind gestrichen.

##### Gerätesteckdosen

**Leopold Kostal, Lüdenscheid**

Warmgerätesteckdosen 10 A 250 V, zweipolig ohne Schutzkontakt, nach DIN 49 491 — Typen: 4800... und 4805... sind gestrichen.

##### Installationsschalter

**Albrecht Jung, Schalksmühle**

Drehschalter 6 A 250 V, einpoliger Aus-, Serien-, Wechsel- und Kreuzschalter — Typen: 141, 145, 146, 147... sind gestrichen.

#### Geräte

##### Geräte (ortsfest)

**Ernst Rademacher GmbH, Düsseldorf**

Ortsfeste Werkplatzleuchte E 27, 250 V — Typen: 182... und 183... sind gestrichen.

##### Raumheizgeräte

**Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen**

Heizlüfter 220 V~, 2000 W — Typen: HLF 18... sind gestrichen.

## VERANSTALTUNGSKALENDER

**Stuttgart:** ETV Württemberg, Stuttgart N, Lautenschlagerstr. 21.

13. 7. 1961, 19.15, Elektrotechnisches Institut der Technischen Hochschule, Breitscheidstraße 3, „Geräuschprobleme bei der Beeinflussung von Fernmeldeleitungen durch Starkstromleitungen“, Dr. E. Widl, Stuttgart.

**Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld, Hubertusallee 18.

10. bis 12. 7. 1961, 9.00 bis 17.00, Technische Akademie: „Neuzeitlicher Gefahrschutz in elektrischen Anlagen“, Landesoberbaurat Dipl.-Ing. P. Schnell, Münster, Dr.-Ing. A. Hösl, München



BÜCHER

DK 621.3.083.3)

**Tabellenbuch für Elektrotechnik.** Ausgabe C. Von W. Friedrich †, C. Schaub †, A. Teml und G. Voltz. 332. bis 344. Aufl. Mit 288 S., zahlr. B. und Taf., Format 15 cm × 21 cm, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn 1960. Preis brosch. 6,80 DM.

Es ist selten, daß ein Buch die 344. Auflage erreicht, so wie es dem zu einem Begriff gewordenen Friedrich Tabellenbuch für Elektrotechnik vergönnt ist. Unter Beibehaltung der seit Jahrzehnten bewährten Anordnung wendet sich ohne Erweiterung der Seitenzahl das immer wieder auf den neuesten Stand der Technik gebrachte Buch an den in der Praxis stehenden, mit den Grundbegriffen vertrauten Elektrotechniker und ist ein nicht mehr zu entbehrender Begleiter im Unterricht der Berufsschulen, Fachschulen und Ingenieurschulen.

In übersichtlicher Form, mit Registertasten versehen, behandelt das ausgezeichnete Tabellenbuch die mathematisch-physikalischen Grundlagen, die der Mechanik, Werkstoffkunde, Isolierstoffe, in gekürzter Form die Wärmetechnik und in erweiterter Darstellung das Kapitel der Elektrotechnik, wo das Gebiet der Fernmeldeanlagen durch Übersichts- und Bauschaltpläne erweitert wurde. Bei den Gleichstrom-Maschinen sind die Schaltbilder mit den neuen Symbolen der Feldwicklungen in Form von Vollrechtecken ausgelegt, was bei dem Synchronmotor für asynchronen Anlauf auch erfolgen sollte. Den Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen VDE 0100 ist durch wesentliche Erweiterung besondere Bedeutung zugekommen, was durch Kleindruck und geringe Seitenzahlerweiterung erreicht wurde.

Es wäre zu wünschen, wenn mit der erfolgten Aufnahme des Transduktors in den Schaltzeichen nach DIN 40 714 auch auf seine Schaltung, Wirkungsweise und Verwendungsmöglichkeit eingegangen würde, was auch für den Transistor als Schalter, Verstärker und Wechselrichter gilt. Eine der heutigen Bedeutung dieser Bauelemente entsprechende Erweiterung in Kurzform wäre zu begrüßen.

Auch diese Auflage, die in prägnanter, gedrängter und einheitlicher Form dem Betriebsmann und Lehrer eine Übersicht über das umfangreiche Gebiet der Elektrotechnik gibt und ein preiswertes Buch darstellt, möge viel Anklang finden.

E. Müller

DK 621.315.2/3(024)

**Kabel und Leitungen für Starkstrom.** Siemens-Taschenbuch. Mit 496 S., zahlr. B. und Taf., Format 12,5 cm × 17,5 cm. Hrsg. Siemens-Schuckertwerke AG.

Jeder Elektroingenieur muß sich heute mit den Fragen der Kabel- und Leitungstechnik befassen; dies gilt vor allem für den Planer, der für einen gegebenen Anwendungsfall und für bestimmte Betriebsbedingungen aus der sehr großen Typenzahl der Kabeltechnik, aus ihren vielen Normal- und Sonderausführungen eine Wahl zu treffen hat. Dem Mangel an geeigneten, dieses große Gebiet in kurzer, aber umfassender Weise und leicht verständlicher Sprache darstellenden Nachschlagebüchern will das vorliegende Handbuch der SSW abhelfen.

Einleitend werden die wichtigsten Eigenschaften der Aufbau-Elemente, nämlich der Isolier- und Mantelwerkstoffe der Kabeltechnik, beschrieben. In den ersten Hauptabschnitten wird dann auf die einzelnen Ausführungsformen und Anwendungsgebiete der festverlegten und beweglichen Starkstromleitungen sowie der Starkstromkabel eingegangen, wobei bis 10 kV die kunststoffisolierten Protodurkabel gegenüber den Papierbleikabeln im Vordergrund stehen. Weiterhin werden für den höheren Spannungsbereich die papierisolierten Radialfeldkabel und, für Spannungen oberhalb etwa 30 kV, als Beispiele thermisch stabiler Kabel die Öl- und Gasinnendruck-Kabel, letztere sowohl in Stahlrohr wie auch mit Metallmantel, in Theorie und Praxis beschrieben.

Eine ausführliche Darstellung ist den zahlreichen Kabelsonderausführungen, deren Garnituren und Verlegungsarten gewidmet, worunter insbesondere freitragende Luftkabel, Kabel für Bergwerke, Schiffsinstallationen und Seeverlegung zu nennen sind. Bei den Kabeln für Bergsenkungsgebiete wird auf die Untersuchungsergebnisse zum Ermitteln der auftretenden Beanspruchungen und die sich hieraus für die Kabelkonstruktion ergebenden Folgerungen eingegangen.

Der projektierende Ingenieur wird aus dem folgenden Abschnitt „Planung von Kabelanlagen“ und den darin enthaltenen übersichtlichen Darstellungen, den zahlreichen Tafeln über die Verwendungsmöglichkeit der verschiedenen Kabeltypen, ihre Belastbarkeit, Kurzschlußfestigkeit, elektrische Werte sowie Fragen der induktiven Beeinflussung besonders wertvolle Hinweise entnehmen können. Bei den Kabelgarnituren wird u. a. auf eine kalt-härtende Vergußmasse „Sibit 40“ für Verwendung unter Tage und in explosionsgefährdeten Anlagen verwiesen.

In den Schlußabschnitten wird der Leser noch mit der Kabelverlegung, Messung und Prüfung fertiger Kabelanlagen und verschiedenen Arten der Fehlerortung bis zu den neuzeitlichen Impulsreflexions-Meßverfahren vertraut gemacht. Den Abschluß des Handbuchs bilden tabellarische Zusammenstellungen der Kabelabmessungen und -gewichte sowie des Fassungsvermögens von Transport-Trommeln.

Ein Handbuch wie das vorliegende läßt sich nur auf Grund jahrzehntelanger umfassender Erfahrungen schreiben. In praxis-

naher, leichtverständlicher und sehr übersichtlicher Form und unter Beschränkung theoretischer Darlegungen auf das unbedingt notwendige Maß wurde erstmalig ein Nachschlagebuch für das Gesamtgebiet elektrischer Starkstromkabel und -leitungen geschaffen, das für jeden auf diesem Gebiete Tätigen eine wertvolle Hilfe bilden wird. Das fast 500 Seiten umfassende und mit Stichwortverzeichnis versehene Werk ist in handlicher Taschenbuchform mit geschmackvollem Kunststoffeinfband erschienen.

Th. Wasserburger

DK 621.38.(022.12)

**Industrielle Elektronik.** Von H. Bießer. Mit 320 S., 343 B., 3 Taf., Format 14,5 cm × 21 cm. Verlag AG Aargauer Tagblatt, Aarau/Schweiz 1960. Preis brosch. 12,50 SFr.

Aus einer Aufsatzfolge über elektronische Probleme in der Zeitschrift „Der Elektromonteur“ entstand dieses zusammenfassende Buch über industrielle Elektronik. Die gute Aufnahme, die damals die Aufsatzreihe gefunden hat, kann man auch dem Buch vorher-sagen, denn es ist sehr anschaulich geschrieben und stellt die Probleme trotz Verzicht auf höhere Mathematik mit größtmöglicher Genauigkeit dar. Techniker, Studierende und Ingenieure, die sich in die industrielle Elektronik einarbeiten wollen, werden das Buch mit gutem Nutzen zur Hand nehmen.

Entsprechend der in der Einleitung genannten Definition, unter elektronischen Geräten solche zu verstehen, in deren Bauelementen die Bewegung von Elektronen und Ionen in Vakuum, Gasen oder Halbleitern eine wesentliche Rolle spielt, werden im ersten Kapitel die Eigenschaften von Elektronen und Ionen, das Wesen der Elektrizitätsleitung und die Elektronen-Emission behandelt. Der zweite Abschnitt ist den verschiedenen Typen von Elektronenröhren und Halbleiter-Bauelementen gewidmet. Im dritten Kapitel werden dann die Grundschaltungen wie Gleichrichter, Verstärker, Kipp-schaltungen usw. beschrieben, während der letzte Abschnitt elektronische Steuerungen für Antriebe, Beleuchtungen und Schweißmaschinen, Schaltungen von Oszillographen, photoelektrische Relais und viele andere Geräte und Anlagen behandelt.

Nicht erwähnt werden die neuerdings in immer stärkerem Maße in der Industrie verwendeten Geräte für Programmsteuerungen, Meßwertverarbeitung usw., die nach Abzähl- oder Rechenverfahren arbeiten. Allerdings hätte deren Behandlung wohl auch den Rahmen dieses Buches gesprengt.

J. Piening

DK 621.375.3(023.3)

**Transduktortechnik.** Theorie und Anwendung steuerbarer Drosseln. Von W. Schilling. Mit 267 S., 193 B., Format 15,5 cm × 24 cm. Verlag R. Oldenbourg, München 1960. Preis Kunststoff 40,— DM.

Ausgehend von der Behandlungsweise der verwandten Stromrichterschaltungen entwickelt der Verfasser zunächst in sechs Kapiteln die Theorie der wichtigsten stromsteuernden und spannungssteuernden Transduktorschaltungen. Alle wesentlichen Einflüsse der Steuerungsart und Belastungsart werden klar herausgearbeitet. Die Ergebnisse werden eingehend verglichen und diskutiert. Zahlreiche Liniendiagramme und oszillographische Aufnahmen von magnetischen Kennlinien, Strömen und Spannungen unterbauen die Erläuterungen und ermöglichen eine sehr anschauliche Darstellung. In weiteren Abschnitten werden die Verwendung des Transduktors in Steuer- und Regelkreisen mit Anwendungsbeispielen aus zahlreichen Firmenveröffentlichungen, die Berechnung des Transduktors sowie Begriffe und Bezeichnungen der Transduktortechnik besprochen.

Das Buch besticht durch die geschlossene Behandlung der Theorie der Schaltungen ohne mathematische Hilfsmittel und gibt dem Studierenden wie dem auf diesem Gebiet tätigen Entwicklungsingenieur bei intensiver Mitarbeit neben zahlreichen Informationen auch das Rüstzeug, besondere Schaltungen nach gleichen Methoden zu analysieren. Bei einer Neuauflage des Buches wäre eine einheitliche Darstellung der Schaltpläne nach DIN 40 714 Bl. 3 begrüßenswert. Die Begriffe und Bezeichnungen der Transduktortechnik nach DIN 42 630 sind mit wenigen Ausnahmen berücksichtigt.

Das Buch des in der Fachwelt anerkannten Verfassers wird in der Reihe der seit neuestem auch in Deutschland vorhandenen Transduktorbücher einen hervorragenden Platz einnehmen und verdient weite Verbreitung.

P. Kratz

DK 621.317.083.(022.4)

**Das Messen mit elektrischen Geräten.** Grundlagen und Anwendungen. Von H. Neumann. Mit 652 S., 465 B., 62 Taf., Format 16 cm × 24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960. Preis Ganzln. 55,50 DM.

Dieses „Lehrbuch der elektrischen Meßtechnik“, geschrieben aus der Erfahrung des Prüfamtsleiters, beweist den hohen technischen Bildungswert des Lehrfaches Meßtechnik. Eine einheitliche Behandlung der vielfältigen Meßprobleme setzt eine einheitliche Darstellungsweise aller elektrotechnischer Vorgänge voraus; darum werden die Grundsätze der räumlichen stationären Strömung vor der Messung von Ausbreitungswiderständen ebenso behandelt wie die Darstellung von Wechselstromgrößen vor der Messung des Wechselstrom-Widerstandes und die Darstellung eines Mehrphasensystems vor der meßtechnischen und rechnerischen Behandlung verketteter Wechselstromsysteme.

Jedem Kapitel ist das Lehrziel, beispielsweise „Verständnis des statischen und dynamischen Verhaltens trägheitsbehafteter Meß-



werke am Beispiel des Drehspulgerätes" und „Erzielung höchster Meßgenauigkeit durch unmittelbaren Vergleich mit Prototypen gesetzlicher Normalien unter Anwendung empfindlicher Nullverfahren" vorangestellt. Die Gerätetechnik wird in den Kapiteln „Untersuchungen an anzeigenden Meßinstrumenten" und „Der Induktionszähler für Wechsel- und Drehstrom" ausführlich berücksichtigt. Das Kapitel „Die Behandlung zeitlicher und räumlicher Probleme mittels Differentialgleichungen" grenzt vor allem im zweiten Teil (Berechnung räumlicher zylindersymmetrischer Vorgänge mit den Bessel'schen Differentialgleichungen) recht stark an den Lehrstoff „Theoretische Elektrotechnik"; es wird bei diesem auf die meßtechnische Praxis zugeschnittenen Buch als Ballast empfunden.

Die Bedeutung, die den Maßsystemen, dem praktischen Rechnen mit Zahlen unter Beachtung der Sicherheit der Meßergebnisse, dem Meßfehlerausgleich und der Behandlung der Meßergebnisse im Protokoll beigelegt wird, bestätigt, wie richtig das Buch für die Praxis geschrieben ist. Auch die am Schluß gebrachten Beispiele sind auf das meßtechnische Praktikum zugeschnitten. Sie sind nicht nur nach ihrem pädagogischen Wert, sondern auch zum Aneignen typischer Meß- und Auswerte-„Kniffe" ausgewählt worden. Die ausführliche Beschreibung der Handhabung der Meßgeräte und die kritische Beurteilung der Meßergebnisse machen das Buch nicht nur für den Studierenden, sondern auch für den Praktiker vorzüglich geeignet.

H. Bönnhoff

DK 621.317.7 : 621.396/083.13

**Meßpraxis.** Selbstbau von Meßgeräten der Radiotechnik und Elektronik. Von H. Richter. Mit 271 S., 185 B., Format 13 cm × 20 cm. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1960. Preis Ganzln. 15,— DM.

Der durch seine vierbändige „Neue Schule der Radiotechnik und Elektronik" bekannte Verfasser hat hier erstmalig die für den Selbstbau von radiotechnischen und elektronischen Meßgeräten geeigneten Schaltungen zusammengestellt. Er will dabei die selbstgebaute Meßgeräte nicht mit den industriell hergestellten verglichen wissen, denn letztere sind, „sofern sie von namhaften Firmen erzeugt werden, den Selbstbaugeräten stets um mindestens eine Größenordnung überlegen". Behandelt werden u. a. Prüfender, Wobbel-Sender, Meßgeneratoren, Röhren- und Transistor-Prüfgeräte, Frequenz- und Wellenmesser, Röhren- und Transistor-Voltmeter, Meßverstärker. Bei den Widerstands-Meßgeräten ergibt sich eine deutliche Grenze: während Meßgeräte für Gleichstrom-Widerstände besser käuflich zu erwerben sind, kommen Scheinwiderstands-Meßgeräte und Meßleitungen für sehr hohe Frequenzen für den Selbstbau in Betracht. An den Bau von Oszillographen geht das Buch ebenfalls heran, ein Breitband-Oszillograph, der als Selbstbausatz von einer Spezialfirma herausgebracht wird, ist außerdem beschrieben. Jeder, der den Selbstbau von radiotechnischen Geräten als „Fortgeschrittener" betreibt, wird gern zu diesem Buch greifen.

H. Bönnhoff

DK 621.371 : 621.396/06

**Ionosphäre und drahtloser Weitverkehr.** H. 54 der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen. Von W. Diekminger. Mit 52 S., 34 B., Format 16,5 cm × 24 cm. Hrsg. L. Brandt. Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen 1958. Preis kart. 5,50 DM.

Ausgehend von der Tatsache, daß die Sonne das Zustandekommen eines drahtlosen Überseesprechens ermöglicht, andererseits durch kosmische Katastrophen vom Ausmaß einer Atomexplosion von Zeit zu Zeit Unterbrechungen des drahtlosen Nachrichtenverkehrs auftreten, gibt der Verfasser in diesem auf der 54. Sitzung der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen am 6. Juli 1955 in Düsseldorf gehaltenen Vortrag eine klare Darstellung des Themas.

Im ersten Teil „Die Ionosphäre als Reflektor elektrischer Wellen" wird zunächst, entsprechend der historischen Entwicklung, die Langwellenausbreitung behandelt, bei der die Verhältnisse relativ einfach sind. Aus der Ausmessung des Interferenzfeldes von Boden- und Raumwellen kann die Reflexionshöhe (am Tage rd. 70 km, nachts etwa 95 km) abgeleitet werden. Wegen der Konstanz der Reflexionsbedingungen und der geringen Verluste sowie wegen der Unempfindlichkeit gegen die erwähnten kosmischen Störungen bilden die Langwellen eine wichtige Reserve für den Nachrichtenverkehr, da die Kurzwellenverbindungen durch diese Störungen erheblich beeinflusst werden.

Bei der Kurzwellenausbreitung werden zunächst Verfahren und Ergebnisse der senkrechten Impulsotung der Ionosphäre beschrieben. Messungen der Reflexionshöhe und der Grenzfrequenzen der verschiedenen Ionosphärenschichten, die erdmagnetische Doppel-

brechung, die Absorption, die tages- und jahreszeitlichen Änderungen sowie der Einfluß der 11-jährigen Sonnenfleckperiode werden behandelt. Auf dieser Grundlage wird das Verhalten der elektrischen Wellen für den Funknachrichtendienst bei schrägem Einfallswinkel eingehend erörtert. Unter anderem werden die Abhängigkeit der Grenzfrequenz vom Einfallswinkel und der überbrückten Entfernung für verschiedene Reflexionshöhen, das Auftreten der toten Zone sowie der Feldstärkeverlauf als Funktion der Frequenz bei verschiedenen Entfernungen erklärt. Die zeitlich veränderlichen Vorgänge der Fernübertragung werden an Hand von sehr guten Meßergebnissen der Impulsotung (Ionogramme) des Max-Planck-Institutes für Physik der Ionosphäre erläutert. Der Verfasser weist darauf hin, daß das Verfahren der Umrechnung senkrecht gemessener Grenzfrequenzen auf einzelne Funklinien grundsätzlich richtig und für die Praxis brauchbar ist. Gewisse Unstimmigkeiten zwischen Rechnung und Erfahrung im Funkverkehr erklären sich aus der Tatsache, daß die Ionosphäre nicht völlig homogen ist und auch die Erdoberfläche kein glatter Spiegel ist, so daß neben der ionosphärischen Reflexion auch eine diffuse Streuung auftritt.

Im zweiten Teil wird die Ausbreitungs-Vorhersage behandelt, die für den Funkbetrieb von grundlegender Bedeutung ist. Langfristige Vorhersagen der mittleren Ausbreitungsbedingungen lassen sich bereits mit ausreichender Genauigkeit durchführen. Sie beruhen auf einer Extrapolation der in der Vergangenheit gefundenen sonnenperiodischen Änderungen des ungestörten Ionosphären-Zustandes. Die Prognose von Störungen ist noch erheblich schwieriger.

Für das Auftreten dieser Störungen maßgeblichen solar-terrestrischen Beziehungen werden, soweit bekannt, näher erörtert (Sonneneruption, erdmagnetische Stürme, Ionosphärenstürme usw.). Die Störungen wirken sich als Funktion der geographischen Breite unterschiedlich aus und zeigen z. T. eine periodische Wiederkehr (27-tägige Sonnenrotation). Die Vorhersage der periodischen Störungen verläuft naturgemäß befriedigender als die der unperiodischen. Die Erforschung von Vorläufern von Funkstörungen ist ein noch nicht ausreichend gelöstes wissenschaftliches Problem.

Abschließend beantwortet der Verfasser die Frage, ob die derzeitige Verwendung der Radiowellen den Erkenntnissen der Wellenausbreitungsforschung entspricht, dahingehend, daß für die heutige Wellenverteilung fast mehr historische und politische Gesichtspunkte maßgebend sind als physikalische. Im Anschluß an den wiedergegebenen Vortrag enthält das Heft noch einige Diskussionsbemerkungen zur Frage der Elektronenkonzentration in der Ionosphäre.

B. Beckmann

## BUCHINGÄNGE

**Scienca kaj Teknika Terminaro.** Technisches Wörterbuch (Esperanto — Spanisch — Englisch — Französisch — Deutsch). Mit 258 S., Format 12,5 cm × 18,5 cm. Hrsg. Japana Esperanto-Instituto, Tokio 1956. Esperanto-Verlag, Limburg/Lahn. Preis 15,80 DM.

**Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.** Bd. 1: Allgemeines, Starkstromanlagen. 27. Aufl. nach dem Stand am 1. März 1961. Mit 800 S., zahlr. B. und Taf., Format 15 cm × 21,5 cm. Hrsg. Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) e. V. VDE-Verlag GmbH, Berlin 1961. Preis Ganzln. 20,— DM.

**Berichte der Arbeitsgemeinschaft Ferromagnetismus 1959.** Mit 270 S., zahlr. B. und Taf., Format 21,5 cm × 30 cm. Hrsg. Gemeinschaftsausschuß der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde e. V., Werkstoffausschuß des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Verband Deutscher Physikalischer Gesellschaften e. V. Verlag Stahlisen mbH, Düsseldorf 1960. Preis Ganzln. 40,— DM.

**Energiebilanz und Rentabilität von Heizkraftwerken.** Von H. Bachl. Mit 78 S., 20 B., 9 Taf., Format 15,5 cm × 23,4 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961. Preis kart. 18,— DM.

Folgende Aufsätze erschienen in der ETZ-A vom 19. Juni 1961

Heft 13

Die Elektrotechnik auf der Deutschen Industriemesse

R. Depser u. G. Kessler: Elektrische Maschinen und Antriebe.  
A. Frank u. A. Kaltofen: Transformatoren und Meßwandler.  
E. H. Ludwig u. W. Nowag: Stromrichter.  
B. Fleck, E. Maass u. H. Raabe: Schaltgeräte, Schaltanlagen und Leistungskondensatoren.  
L. Rimmark: Schutz- und Hilfsrelais.  
F. Otten: Starkstromkabel und -leitungen.  
K.-H. Brokmeier u. Ph. Woll: Elektrowärmetechnik.

Abschluß des Heftes: 15. Juni 1961

Schluß des Textteiles

Schriftleitung: Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21; Fernruf 60 341, Fernschreiber (Telex) 04-12 871.

Hauptschriftleiter: Dr.-Ing. P. Jacottet (für den redaktionellen Teil verantwortlich).

Schriftleiter: Dipl.-Ing. W. H. Hansen.

Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21; Fernruf 60 341.

Verlag und Anzeigenverwaltung: VDE-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, Fernruf 34 01 41, Fernschreiber (Telex) 01-84 083.

Anzeigenleitung: Kurt Totzauer.

Bezugspreis (halbjährlich zuzügl. Zustellgebühr) 14,— DM, für VDE-Mitglieder - nur durch den VDE-Verlag - 10,— DM; Ausgabe A und B zusammen 34,— DM, für VDE-Mitglieder - nur durch den VDE-Verlag - 24,— DM.

Einzelpreis dieses Heftes 1,50 DM.

Druck: Deutsche Zentraldruckerei AG, Berlin SW 61, Dessauer Straße 6/7.